13380/B

ANALYSE
DU FER,

PAR M. TORB. BERGMAN,
Chevalier de l'Ordre Royal de Vaſa;

Traduite en françois avec des Notes & un Appendice, & ſuivie de quatre Mémoires ſur la Métallurgie;

Par M. GRIGNON, Chevalier de l'Ordre du Roi, Correſpondant de l'Académie royale des Sciences.

Prix, 3 liv. 12 ſols br.

A PARIS.

Chez MÉQUIGNON, Libraire, rue des Cordeliers, près des Ecoles de Chirurgie.

M. DCC. LXXXIII.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

PRÉFACE.

ETANT à Montpellier, dans l'automne de 1781, je reçus une lettre datée de Stockolm, du 13 novembre, de M. Stokenſtrom, Aſſeſſeur du College Royal des mines, & Directeur-général du Roi, pour les forges à fer, en Suède.

Ce ſavant, dont j'ai fait la connoiſſance à Paris, dans un voyage qu'il fit en France en 1779, me mandoit que M. Bergman, rendu aux vœux ardens de ſes amis, venoit de publier ſur l'Analyſe du Fer, une diſſertation digne de la célébrité de ſon auteur & de l'accueil des ſavans; » que M. Bergman, dans » cet Ouvrage, démontroit évidemment par » des expériences, que la fonte différoit du » fer malléable, par une portion de *Molyb-* » *dène;* qu'ainſi convertir la fonte en fer forgé, » c'eſt la priver de cette matière, & y ſubſti- » tuer de la chaleur qui, ſelon la théorie de » M. Bergman, entre comme élément conſ- » titutif dans tous les corps: que cette décou- » verte remarquable avoit été ſuivie d'une » autre encore plus glorieuſe pour M. Ber- » gman, qui la lui avoit communiquée depuis

» peu de jours, & qu'il avoit aſſez de con-
» fiance dans ſon récit pour me la commu-
» niquer, quoique M. Bergman *n'ait pas en-*
» *core publié ſon eſſai.* Ce ſavant avoit trouvé
» la cauſe de la *fragilité* du fer caſſant à froid,
» par la diſſolution d'une mine, ou même
» d'un régule de fer de cette eſpèce, par une
» précipitation d'une diſſolution quelconque,
» leſquels donnent un précipité blanc : c'étoit
» une poudre qui ſe précipitoit de la chaux
» du fer, & qui avoit les propriétés ſuivan-
» tes. Elle eſt blanche, c'eſt un caractère
» différent de la chaux du fer; calcinée, elle
» n'eſt pas attirable à l'aimant; traitée au feu
» avec quelques matières phlogiſtiques, elle
» donne un régule très-caſſant & bien plus
» fuſible que la fonte de fer; *ce régule n'eſt*
» *pas attirable à l'aimant.* Sa peſanteur ſpéci-
» fique eſt cependant preſque la même que
» celle du fer avec lequel il ſe fond très-aiſé-
» ment; & ce qui eſt très-remarquable, c'eſt
» qu'il le rend tout de ſuite très-caſſant & fra-
» gile, & que M. Bergman n'a pu obtenir
» cette poudre blanche d'aucun autre fer qui
» n'eſt pas caſſant à froid. Enfin, ſi ces hy-
» pothèſes ſont évidemment conſtatées, que
» je dois ſentir quels éclairciſſemens la Chi-
» mie & la Métallurgie en tireront. «

La célébrité juſtement méritée de M. Ber-

gman, la nature de la matière qu'il traite, la confiance que je dois à M. Stockenſtrom avec lequel je ſuis lié par l'eſtime, l'amitié & l'analogie des travaux, me firent naître le plus grand deſir de connoître plus particuliérement la diſſertation de M. Bergman. Mes occupations me retinrent dans différentes Provinces, juſqu'au mois d'avril dernier. En arrivant à Paris, je cherchai inutilement dans la librairie, un exemplaire de la diſſertation de M. Bergman.

J'appris que ce Savant, correſpondant de l'Académie des Sciences de Paris, avoit adreſſé à cette Compagnie, ſon Ouvrage dont M. Bertholet lui avoit rendu compte, & l'avoit encore entre les mains; effectivement, M. Bertholet me le remit en mai dernier.

J'aurois fort deſiré pouvoir me procurer le rapport de M. Bertholet, pour connoître & profiter du jugement que l'Académie avoit porté de cet Ouvrage; mais, quoique l'Auteur m'eut aſſuré qu'il étoit imprimé dans le Journal des Savans, je ne le trouvai nulle part.

En 1778, en faiſant l'Analyſe des mines ſpathiques de fer des montagnes d'Allevard en Dauphiné, j'avois obtenu par la diſſolu-

tion dans l'acide vitriolique & dans l'acide nitreux précipité par l'alkali fixe, un ſédiment blanc flottant long-temps avant de ſe dépoſer.

L'eſpèce de mine, appelée *Rive*, m'a donné conſtamment ce ſédiment; & je n'en ai point obtenu de l'eſpèce de mine appelée *Maillat*. Ce dernier donne un fer très-doux; & l'autre un très-bon acier, lorſqu'il eſt préparé avec art : l'un & l'autre donnent du fer & de l'acier par des procédés différens.

Je ne pouvois reconnoître dans cette poudre blanche obtenue du précipité deſſéché, la propriété de produire la fragilité des fers caſſans à froid; parce que tous les fers que l'on fait en Dauphiné, ſont très-doux & très-nerveux; qualité qui leur eſt tranſmiſe par la nature du procédé que l'on emploïe & qui eſt analogue au caractère du minerai.

J'étois même éloigné de ſoupçonner dans cette poudre, cette propriété; parce que j'étois dans le ſentiment dans lequel je perſiſte, que la fragilité à froid de certain fer, ne procède que de la matière de la chaleur en excédance; & que la ductilité parfaite procède du phlogiſtique réuni à la matière de la chaleur au point d'une parfaite ſaturation & par pénétration.

J'avois donc lieu d'être très-impatient de connoître l'Ouvrage de M. Bergman, de méditer ſes nombreuſes expériences, & de m'imbiber profondément de ſes principes.

Une première lecture rapide n'a ſervi qu'à me faire connoître l'immenſité du travail de M. Bergman, qui a ſu concentrer dans quelques pages, le détail, l'analyſe, les réſultats & les conſéquences de 273 expériences, toutes inſtituées avec un but direct, une ſagacité étonnante, un ordre, une préciſion mathématique, ſuivies enfin avec une patience & un courage que le ſeul amour de la vérité & de la gloire peuvent inſpirer à ſon auteur.

Je relus l'Analyſe du fer de M. Bergman, la plume à la main; je fis des notes : bientôt elles s'accumulèrent au point d'être preſque auſſi volumineuſes que le texte. Si je voulois me concentrer, je devenois obſcur, & je m'apperçus que je faiſois l'extrait de l'extrait d'un travail immenſe. Je me déterminai à traduire la totalité, perſuadé que par ce travail je viendrois à bout de mieux ſaiſir & d'entendre tous les principes fondamentaux de la doctrine de l'auteur. Mon but ſe bornoit à mon utilité particulière.

Mais réfléchiſſant enſuite que cet Ouvrage, indépendamment de la doctrine qu'il renfer-

moit, contenoit des faits du plus grand intérêt, & des obſervations lumineuſes ſur la nature & les propriétés du fer, j'ai cru rendre un ſervice à ma Patrie, en lui préſentant ſous ſon idiome naturel l'ouvrage d'un ſavant étranger, qui, quoiqu'il ſoit écrit en latin, pourroit n'être ni lu, ni entendu du plus grand nombre des perſonnes auxquelles il peut être de la plus grande utilité.

Beaucoup d'excellens Chimiſtes ont négligé la langue latine, & n'ont pas moins formé de grands hommes. L'on peut apprendre la Métallurgie & les Mathématiques en françois ; & beaucoup de maîtres de forges & de braves militaires qui ſont entrés dès leur plus tendre jeuneſſe au ſervice de l'artillerie, ſont ſavans ſans entendre Cicéron ni Démoſthène.

L'on ſait combien le Corps Royal d'artillerie réunit de bons officiers très-verſés dans l'art des forges, de la fonte des bouches à feu, & de tout le travail des arſenaux de la guerre.

Pour faire des progrès plus rapides dans ces connoiſſances néceſſaires, & procéder plus reguliérement & avec connoiſſance de cauſe, tant dans les opérations des forges, des arſenaux & des manufactures d'armes, que dans l'examen des objets ſoumis à leur

inſpection; il eſt bon que les Commiſſaires connoiſſent à fond les principes conſtitutifs des matières qu'ils emploient. Ce motif eſt un des plus puiſſans qui me détermine à publier cette traduction, dont j'ai développé la théorie par des notes diſtribuées dans le corps de l'ouvrage, & par des obſervations particulières réunies dans l'Appendice qui ſuit cette traduction.

Animé du même zèle que M. Bergman, & cherchant avec la même candeur la vérité nue, je paſſe ſur le peu de mérite & de conſidération qui réſultent de la traduction matérielle d'un ouvrage, pour m'attacher au char de cet homme célèbre, même dans ſon pays.

J'ai laiſſé ſubſiſter dans le texte, l'ordre & l'enchaînement des matières, les poids & meſures de Suède, en indiquant ſeulement les rapports : je me ſuis attaché à rendre ſtrictement la penſée de l'auteur ; j'y ai même ſacrifié l'élégance du ſtyle : quoiqu'elle ne ſoit qu'un foible acceſſoire dans des ouvrages ſcientifiques, elle a toujours droit de plaire au lecteur, & de l'attacher à ſuivre l'auteur avec plus d'attention & de perſévérance. Mais indépendamment des notes, j'ai réuni à la fin de la traduction dans l'Appendice, preſque toutes les expériences de M. Bergman,

je les ai concentrées dans des tableaux, pour que d'un coup d'œil l'on puiſſe juger les rapports & les diſparités. J'ai eu l'attention de réduire le poids & la meſure de Suède, à ceux de France. J'ai analyſé les réſultats, & en ai tiré des conſéquences, pour démontrer les fondemens de ma théorie de la matière du feu & du phlogiſtique, deſquels dépendent les diverſes ſortes de variétés du fer.

Si je parois en oppoſition de ſentiment à cet égard avec M. Bergman, je me félicite d'avoir un adverſaire auſſi illuſtre; mais je crois qu'il ſera facile, non-ſeulement de nous juger, mais de nous concilier ſur cette oppoſition; car M. Bergman connoît, démontre & aſſure que la matière du feu, & le phlogiſtique en doſes différentes, occaſionnent des changemens très-notables. Je reconnois qu'il y a dans le fer des matières étrangeres, accidentelles qui peuvent être analogues à la plombagine, à la manganaiſe & à la matière ſiliceuſe, qui ont paru telles à M. Bergman, d'après ſes expériences; ces matières étrangères & d'autres qui peuvent toutes accidentellement exiſter dans le fer, ſont des acceſſoires étrangers, même inutiles; puiſque M. Bergman dit lui-même, qu'elles peuvent n'y pas toujours exiſter, & qu'elles ne ſont pas néceſſaires à l'exiſtence du métal: il s'ex-

prime ainſi dans le premier paragraphe de la Section VIII.

» Il eſt néceſſaire de rechercher & d'examiner les principales ſubſtances hétérogènes qui accompagnent ſouvent notre métal, (le fer), ou que l'on prétend qui lui ſont unies, leſquelles ne ſont point du nombre de ſes parties conſtitutives, quoiqu'elles puiſſent influer ſur ſes propriétés... telles ſont la manganaiſe, la plombagine, &c.

Dans la Section IX, cet auteur ne reconnoît que deux principes immédiats du fer, qui ſont une terre particulière & le phlogiſtique; j'y ajoute la matière de la chaleur: mais comme M. Bergman diviſe le phlogiſtique, qu'il appelle ailleurs principes ſubtiles, en phlogiſtique coagulant & en phlogiſtique réducteur; qu'il reconnoît ce phlogiſtique coagulant, pour être la matière de la chaleur; nous ſommes donc très d'accord ſur ce point.

Il ne s'agit que de décider ſi la fuſibilité de la fonte de fer, l'infuſibilité & la ductilité du fer doux, la propriété de l'acier de durcir à la trempe & d'y prendre plus de volume, ſi le défaut du fer caſſant à chaud, & celui du fer caſſant à froid; ſi tous ces accidens enfin procèdent de la différente modification

des molécules du fer, imprégnées en plus ou en moins, ſoit de la matière de la chaleur, ſoit du phlogiſtique, ſelon mon ſentiment; ou ſi ces accidens dépendent de la matière ſiliceuſe ou plutôt talqueuſe, de la plombagine ou de la molybdène que M. Bergman y a trouvée, ou de ſubſtances approchantes de ces matières : car M. Bergman dit qu'il n'oſe pas prononcer ſur leurs parties conſtitutives, & qu'elles reſſemblent ſeulement à la plombagine & à la manganaiſe. Quant à la matière blanche à laquelle M. Bergman attribue la fragilité du fer caſſant à froid, ce ſavant ne la décrit que par ſes propriétés extérieures, ſans une analyſe qui puiſſe en démontrer l'eſſence.

Au ſurplus, j'ai trouvé abondamment de cette matière blanche, par l'analyſe de la mine dite *Rive*, du genre des mines ſpathiques, & avec leſquelles on fait de bon acier & du fer très-doux en procédant convenablement; d'ailleurs il eſt ſi facile de rendre doux le fer le plus caſſant à froid, qu'un tour de main ſuffit. La propriété du fer caſſant à froid, ne procède donc point d'un précipité blanc qui ne tient ſa couleur que de l'abondance de la matière de la chaleur, & de la privation du phlogiſtique & du magnétiſme.

L'amiante ferrugineuſe eſt une matière très-

blanche, dénuée totalement du magnétiſme & du phlogiſtique, principe générateur des couleurs, & contenant de la matière de la chaleur qui détruit toutes les couleurs naturelles & artificielles.

Le diamant réfléchit des couleurs éclatantes, parce qu'il contient du phlogiſtique qui le rend brûlant.

Le criſtal de roche n'en réfléchit point, parce qu'il ne contient que de la matière de la chaleur ſans phlogiſtique; il ne brûle pas comme les variétés du diamant.

D'après ce court expoſé, le travail de M. Bergman, mes obſervations diſtribuées dans le cours de l'ouvrage & celles réunies dans l'Appendice, il eſt facile de nous juger, & de décider ſi, ſans avoir égard aux matières métalliques ou terreuſes étrangères qui peuvent contribuer à la propriété de la variété infinie de chaque fer en ſon genre, le plus ou le moins de la matière du feu & du phlogiſtique eſt le ſeul principe déterminant la propriété fondante, ductile, caſſante à chaud ou à froid; ou ſi ces accidens dépendent du mélange additionnel de la plombagine & de la manganaiſe ſuivant M. Bergman.

Ce ſavant a une théorie profonde, des connoiſſances de la plus grande étendue; c'eſt un

judicieux appréciateur. Je ne peux oppoſer à tant de prérogatives, qu'une longue habitude de manier la matière du fer, des principes de phyſique pratique, & le vif deſir de faire des découvertes utiles aux arts & à la ſociété.

J'aurois publié plus tôt cette traduction, ſi je n'avois été obligé de l'interrompre pour un voyage dans les mines du Limouſin, & pour pluſieurs ouvrages qui m'ont été demandés.

Je vais reprendre le traité de l'acier, pour y donner la dernière main; il y a plus de trois ans qu'il eſt commencé; j'y ai établi dès ce temps, ma théorie fondée ſur la matière de la chaleur & du phlogiſtique, du feu fixe & du feu volatil. J'en ai dit deux mots dans un Mémoire qui vient d'être imprimé dans le Journal de Phyſique du mois de ſept. 1782, & dont le Gouvernement a fait tirer des exemplaires, ſur les expériences que j'ai faites pour déterminer quelles ſont les variétés de fer que fourniſſent nos Provinces, qui ont le plus de propriété à être convertis en acier, & dans lequel je n'ai pas cru devoir m'étendre ſur cet objet, mais ſeulement d'en indiquer un apperçu.

Je penſe qu'il eſt néceſſaire que je faſſe connoître ici mes idées ſur le feu perma-

nent dans les corps, & le phlogiſtique qui eſt un feu volatil qui s'en ſépare.

Les Savants ne ſont pas d'accord ſur la dénomination de ces deux formes du feu. Ils appellent le premier, matière de la chaleur, feu principe, feu élémentaire, phlogiſtique coagulant, & quelquefois feu fixe. Je conſidère ce feu permanent dans les corps, & qui ne peut en être dégagé que par des chocs violents, comme le feu fixe par eſſence. Je penſe même qu'il ne doit pas être nommé autrement.

Le feu auquel Stahl a donné le nom de *Phlogiſton*, que les Chimiſtes François de ſon école ont franciſé, par le mot *phlogiſtique*, a été nommé ou défini, feu fixe, feu fixé par l'air, matière graſſe, phlogiſtique revivifiant, ſoufre des métaux, principe inflammable ; enſorte que ces deux ſubſtances ſont également appellées, feu fixe, ou fixé, ce qui jette beaucoup d'obſcurité dans les écrits des Savants qui emploient le même terme pour exprimer deux éléments deſtincts & qui agiſſent différemment.

Sans rejeter le terme de phlogiſtique, qui par ſon origine radicale, exprime aſſez bien la nature de la choſe, je penſe qu'on doit le nommer feu volatil ; parce qu'il l'eſt en

effet, & par oppoſition au feu fixe dont il diffère; afin de déterminer des idées préciſes ſur ces deux ſubſtances qui ont chacune une manière d'être, & des modifications différentes.

Il n'eſt pas plus extraordinaire de diſtinguer le feu, en feu fixe & en feu volatil, que l'alkali; puiſqu'ils ont l'un & l'autre ces deux propriétés acceſſoires, quoiqu'ils ſoient identiques, chacun dans ſon eſſence.

L'alkali n'eſt rendu fixe que par ſon intime union avec une terre vitreſcible qui lui communique ſa fixité. L'alkali volatil n'eſt tel, que parce qu'il eſt combiné avec l'air & le feu qui lui donnent de la volatilité.

Il en eſt de même du feu; le feu fixe, qui eſt celui qui reſte inhérent au métal, après ſa calcination, n'eſt rendu fixe, que par ſa forte liaiſon avec la baſe terreuſe élémentaire du métal. Cette union réſiſte à l'effet ordinaire du feu en action, & accompagne la terre métallique juſques dans ſa vitrification; au lieu que le phlogiſtique ou le feu volatil abandonne le métal auquel il étoit uni; lorſque la calcination, ſoit sèche, ſoit humide, dégage l'air avec lequel il étoit combiné; & cet air l'entraînant avec lui, le rend volatil, ou plutôt ces deux éléments

par leur élaſticité reprennent leurs propriétés eſſentielles.

L'on peut donc, ſans commettre un barbariſme en Chimie & en Métallurgie, appeler proprement feu volatil, ce que les Chimiſtes entendent par phlogiſtique, terme dont je me ſers conſtamment dans cette traduction, tant pour me conformer à l'énoncé de M. Bergman, que pour ne point choquer l'oreille par un néologiſme qui ſeroit cependant moins révoltant qu'alkali Pruſſien, ſel microſcomique, & autres qui ne donnent aucune idée de la nature des ſubſtances qu'ils déſignent, & qui tiennent de l'amphigouri & de l'afféterie qui doivent être bannis des Sciences.

Je joins à cette Traduction, quatre Mémoires que j'ai lus à l'Académie des Sciences, qui peuvent être utiles aux progrès des Arts.

Dans le premier, je propoſe les moyens de perfectionner le travail des Ancres de Marine.

Dans le ſecond, je m'occupe des moyens de perfectionner les travaux des Fonderies des Mines.

Le troiſième contient des obſervations ſur l'Action réciproque que l'Eau & le Feu ont l'un ſur l'autre.

Et le quatrième, eſt celui ſur la Cémentation dont l'édition eſt épuiſée, & que le Public a deſiré.

Le Lecteur doit être prévenu que les Lettres majuſcules qui ſont placées au commencement des paragraphes, ſont les cotes du texte latin, auxquelles M. Bergman renvoie quelquefois.

Les Aſtériſques (*), indiquent les notes de l'Auteur.

Les Notes du Traducteur ſont indiquées par des Lettres Majuſcules répandues dans le diſcours ou à la fin des paragraphes.



DISSERTATION CHIMIQUE DE L'ANALYSE DU FER.

SECTION PREMIERE.

Des Variétés du Fer.

LES Arts en général font uſage du fer dans trois états différens, ſavoir ; le fer cru, (en ſuédois *Tackjarn*), le fer battu (*Stangjarn*), & l'acier.

Le fer cru, ou la fonte de fer moulée ſous diverſes formes, ſe prête à une infinité de nos uſages (A).

(A) Quoique nous ayons démontré dans nos Mémoires de Phyſique ſur le fer, (pag. 60), que la mine de fer réduite par la fuſion en une ſubſtance métallique, devoit porter le nom de matte de fer, ou de fonte de fer, ou enfin de

Le fer battu, ou rendu ductile par une ſeconde opération, corroyé avec art ſous le marteau, prend entre les mains des ouvriers, mille formes utiles à nos beſoins.

Enfin, le fer ſous le nom d'*acier*, poſſede dans un degré éminent, la ſolidité, l'élaſticité & la dureté; il eſt doué encore d'autres propriétés qui le rendent plus précieux que les deux variétés précédentes, & fournit aux Arts une matière merveilleuſe & propre à exercer la fécondité de leur genie. Au ſurplus, en quelque état que ſoit le fer, il eſt ſuſceptible d'éprouver des altérations qui en font varier à l'infini, la qualité & la propriété.

La différence que l'on apperçoit dans la qualité de la fonte de fer, ne dépend pas ſeulement du caractère des mines dont elle procède : la forme

---

fer cru: cependant nous voyons que tous les auteurs qui en parlent, même l'Academie, donnent à cette fonte le nom très-impropre de *fer fondu*, ou de *fer de fonte*, termes qui préſentent des idées oppoſées à la nature de la fonte; car la fonte de fer n'eſt point du fer fondu, il n'en exiſte point en état métallique; ce n'eſt pas du fer de fonte, puiſqu'elle eſt préparée avec la mine, & que le fer ductile qui a été préparé avec de la fonte dans les affineries, pourroit ſeul porter ce nom, comme on dit acier de fonte, c'eſt-à-dire, préparé avec la fonte, ou acier naturel, pour le diſtinguer de l'acier préparé avec le fer ductile.

Certains auteurs appellent la fonte de fer, *fer de gueuſe*: ce terme eſt auſſi impropre, puiſque le mot *gueuſe*, n'exprime que la forme ſous laquelle la fonte eſt moulée. C'eſt un priſme triangulaire : on en moule pour l'uſage des affineries des forges, en gueuſes, en guiſes, en ſaumons, en floſſ, & pour les arts, ſous toutes les formes poſſibles: quelqu'un qui diroit, *fonte de pilaſtre*, ne feroit entendu de perſonne; *fonte de gueuſe*, n'eſt pas un terme plus propre.

Nous emploierons dans cette traduction le terme de *fer cru* pour exprimer la fonte de fer, afin de nous rapprocher de M. de Bergman; de celui de *fer battu* ou *ductile*, pour le fer proprement dit.

& les dimenſions des fourneaux de fonderie, la quantité & l'eſſence des charbons que l'on emploie à ſa fuſion, l'état des ſoufflets, la force, l'abondance & la direction de leur vent, ſont autant de cauſes qui influent ſur la qualité de la fonte: les ſeules proportions différentes du charbon & du minerai que l'on jette enſemble dans le fourneau, produiſent des fontes de caractères différens, que l'on diſtingue par des termes appropriés qui caractériſent les degrés de leur pureté.

L'on diſtingue donc le fer cru qui eſt ſurchargé de phlogiſtique (en ſuédois, *Nodſatt*); le fer cru qui eſt doué d'une juſte proportion de phlogiſtique, (en ſuédois, *Fullſatt*, *Lagom-malmadt*); enfin, le fer cru qui manque d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique, (en ſuédois, *Bardſatt*, *Sattjarn*): nous negligeons d'autres diſtinctions plus ou moins eſſentielles & remarquables, & ſans nous y arrêter, nous paſſons à d'autres objets (B).

(B) Cette diſtinction que fait M. Bergman des différentes ſortes de fontes de fer, eſt purement phyſique & théorique: il eſt néceſſaire de mettre nos lecteurs à portée de l'entendre par les termes de pratique.

Le fer cru eſt le premier produit de la mine de fer, traitée dans les hauts fourneaux de fonderie des forges; c'eſt ce que l'on appelle ſimplement fonte. Cette fonte varie dans ſa qualité; ſa couleur annonce en général ſon caractère; on la diſtingue en fonte noire, griſe & blanche.

La fonte *ſurchargée de phlogiſtique*, eſt la fonte noire, c'eſt-à-dire, celle qui eſt d'un gris très-foncé: elle eſt ſouvent limailleuſe; elle procède d'une ſurabondance du feu, c'eſt-à-dire, du charbon employé relativement à la quantité de minerai à fondre.

La fonte douée d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique, eſt la fonte griſe: c'eſt la plus parfaite, & la plus propre pour ſervir dans les Arts, & pour être convertie, ſoit en fer, ſoit en acier; elle procède de la juſte proportion du charbon, & du minerai introduit dans le fourneau: les parties élémen-

Pour que la fonte puiſſe devenir malléable, il faut la ſoumettre de nouveau au feu, l'y affiner, & l'y pétrir avec art, afin d'en obtenir beaucoup de bon fer, avec le moins de frais poſſible.

Indépendamment du caractère des fontes, les dimenſions des affineries, la qualité & la quantité des charbons, l'énergie & l'inclinaiſon du vent, ſont des cauſes à conſidérer, dont chacune produit des variétés infinies dans la qualité du fer; & quand même il n'en réſulteroit pas, le ſeul régime du feu, & la méthode d'opérer, ſuffiroient pour en faire naître un grand nombre.

Les méthodes de fabriquer le fer, qui ſont le plus en uſage en Suède, ſe réduiſent à deux; l'une à la vallone ou à la françoiſe, (en ſuédois, *Vallonſmide*) (C), l'autre à l'allemande, (en ſuédois, *Tysksmide*) (D). Cependant, il y en a une troiſième qui par-

---

taires ſont ſaturées du phlogiſtique, au point néceſſaire de lui conſerver ſa fuſibilité.

La fonte pauvre en phlogiſtique, eſt celle qui eſt blanche; elle procède d'une trop foible quantité de charbon, employée relativement à celle du minerai: cette fonte ne peut ſe mouler parfaitement; elle donne ordinairement des fers caſſans, & de mauvais aciers.

(C) La méthode vallone eſt celle par laquelle on affine la fonte dans un feu appelé *affinerie plate*, pour enſuite le chauffer, & le ſuer dans un autre feu appellé *chaufferie volante*, ou feu extenſeur, parce qu'on tire le fer de ce feu pour le porter au marteau, afin de l'y corroyer & de l'étirer.

(D) Par la méthode allemande, on affine & l'on chauffe le fer dans un même feu que l'on nomme *renardière*.

Nous avons en France encore deux autres méthodes; l'une à la Catalane, par laquelle on combine dans le même feu les trois opérations de la fabrication du fer, c'eſt-à-dire, la fuſion du minerai, l'affinage de la fonte, & le ſuage du fer. L'autre méthode ſe nomme à l'Italienne; l'on en fait uſage dans le Dauphiné, où l'on fond le minerai dans de hauts fourneaux: la fonte en provenant, eſt refondue & réduite en

ticipe plus ou moins des deux autres. L'on a abandonné preſqu'entièrement d'anciens procédés, l'un par lequel on faiſoit de petits lopins que l'on nommoit (en ſuédois, *Oſmundſ-ſmide*), & l'autre uſité par des payſans montagnards qui faiſoient de gro es maſſes que l'on nommoit (en ſuédois, *Buth*, *Buth-ſmide*) & plus ordinairement (*Rannſmide*), à cauſe de la célérité du travail; parce qu'en un jour ou deux au plus, on tiroit le minerai, & on en forgeoit le fer.

Il n'y a plus lieu d'être ſurpris ſi le fer, qui par lui-même étant un métal diſpoſé à éprouver tant de changemens, paroît différer ſi eſſentiellement par la dureté, la ductilité, la tenacité & l'élaſticité; mais l'oppoſition de caractère la plus digne d'attention, & que nous devons faire remarquer, eſt celle-ci: l'on trouve du fer très-ductile étant froid; mais, lorſqu'il eſt chaud, il ſe briſe ſous le marteau; on le nomme fer caſſant à chaud, (en ſuédois, *Rod-brackt*): un autre fer étant chauffé à propos, eſt très-docile au forgéage, mais, lorſqu'il eſt froid, il ſe gerce, ſe fend & ſe briſe; on le nomme fer caſſant à froid, (en ſuédois, *Kallbrackt*): enfin, une troiſième eſpèce paroît également ductile, ſoit qu'il ſoit chaud, ſoit qu'il ſoit froid; on l'appelle fer doux ductile, (en ſuédois, *Smidigt*) (E).

L'acier dans ſa préparation, reproduit une nou-

---

mazelle que l'on affine & fait *pâtir* dans un autre feu, lequel ſert enſuite à avaler, corroyer & ſuer le fer, avant de l'étirer.

(E) Ces trois variétés ne ſont pas les ſeules que le fer préſente; il y en a une quatrième qui eſt caſſante à chaud & à froid: je connois pluſieurs mines en France qui en produiſent, elles ſont rarement exploitées: il y en a en Bourgogne, en Champagne, & dans le Barois; l'acier eſt ſujet à caſſer à froid & à chaud. Il eût été à deſirer que M. Bergman eût ſoumis à ſes expériences cette ſorte de fer dont il parle, (exp. 208), en citant les fers qui ſont impregnés d'arſenic.

velle foule de variétés qui procèdent non-ſeulement de la matière que l'on ſe propoſe de convertir, & qui eſt ſuſceptible des différences de caractère que nous avons fait obſerver plus haut, mais encore des divers procédés que l'on emploie. En général, l'acier ſe prépare, ou par la fuſion, ou par la cémentation; le premier ſe nomme acier naturel, (en ſuédois, *Smeltſtal*); l'autre acier artificiel, (en ſuédois, *Branſtal*) : mais de quelque eſpèce qu'il ſoit, on lui a aſſigné tant de noms différens qui procèdent de la diverſité de ſa matière première, ou du genre de procédé employé à ſa préparation, ou de l'uſage auquel une propriété particulière le rend plus propre, que nous croyons pouvoir nous diſpenſer de les rapporter ici, avec d'autant plus de raiſon que cette longue énumération ſeroit faſtidieuſe & inutile, ſi nous n'y ajoutions pas la deſcription des procédés. Et en effet, à quoi nous ſerviroit de rapporter ici des dénominations qui ſont ſi originales, & ſouvent ſi abſurdes, données à l'acier par le vulgaire des ouvriers, lorſque nous ne faiſons encore que d'articuler légèrement ſes différentes variétés, & qu'à peine les appercevons-nous au bord de l'horizon (F) & dans le lointain?

Le fer eſt ſans doute le ſeul métal dont le caractère ſoit auſſi inconſtant: l'on n'apperceveroit pas un ſi

---

(F) L'on ne doit pas toujours rejeter les expreſſions triviales & groſſières des ouvriers; leurs idées rétrécies dans un petit cercle d'expreſſions, les oblige de forger des mots pour exprimer à leur manière, ce qu'ils ſentent ſous la lime & le marteau, qui ſont pour eux des organes ſecondaires & extérieurs. Ils imitent ſouvent les Sauvages qui appellent le fer par un terme qui, en leur langage, ſignifie *peſant*.

Je balbutie quelquefois avec les ouvriers, pour donner à mes idées une force d'attraction analogue aux leurs, pour pouvoir les ſaiſir & les clarifier enſuite; j'ai plus appris avec eux, en leur ſervant de compagnon, que de maître.

grand nombre de différences dans ſes propriétés, ſi quelque portion plus ou moins abondante de métal étranger ne s'amalgamoit avec lui, nonobſtant la variété de ſes mines, de leur matrice, & celle des procédés par leſquels on retire par la fuſion ce qu'elles contiennent de métal : il faut cependant être juſte, & avouer que cette inconſtance ſouvent ſi fâcheuſe, eſt la baſe & la principale ſource d'une infinité d'uſages qui n'auroient pas lieu, ſi les principales qualités du fer, telles que la dureté, la tenacité, la ductilité & l'élaſticité, étoient toujours réunies & ſoutenues au même degré d'intenſité ; la propriété du fer ſeroit alors circonſcrite dans une ſphère rétrécie : mais tandis que d'un côté, la réunion de ces quatre propriétés forme une ſérie de nuances infinies de différentes qualités ; de l'autre, diverſes combinaiſons de ſubſtances de différentes natures réunies, offre un vaſte champ à l'induſtrie, pour y déployer toute ſa ſagacité, & avec tant d'avantages, que l'on peut dire que le fer eſt un polymorphe, un Protée qui ſe préſente ſous tant de formes, que ſeul il tient lieu de pluſieurs métaux (G).

(G) La réflexion de M. Bergman eſt ſi bien fondée, que je ne puis me diſpenſer de la développer.

Les fers les plus caſſans à froid, ſont les plus propres à faire le clou à ardoiſe ; tels ceux de Moyeuvre dans le pays Meſſin, & ceux de Bretagne.

Les fers de roche de Champagne, ſont les plus propres aux bandages de voiture, parce qu'ils ſont fermes & durs, ils réſiſtent au choc & au frottement.

Les chevilles de marine exigent un fer qui ne plie ni ne caſſe, ainſi que la groſſe clouterie ; tels ceux du Rouſſillon, du Dauphiné & du Limouſin.

Les fers de la baſſe-Champagne, du Languedoc, de la Normandie, qui ſont à grain & légèrement caſſans, ſont d'un bon uſage pour la moyenne clouterie, parce qu'ils ſoudent facilement, & font une belle pointe.

Le fer eſt non-ſeulement précieux par ſes éminentes qualités, mais ſouvent encore il ſurpaſſe en valeur tous les autres métaux, l'or même qui eſt à ſi haut prix : une livre de fer ſimplement tirée en fil, centuple le prix du fer brut ; lorſqu'il eſt employé dans le mécaniſme des montres, il augmente de plus de 70 mille fois ſa valeur ; & il excède ſon prix de 1,600,000 fois dans la compoſition de ces chefs-d'œuvres des Arts qui fixent notre admiration (*). (H).

Les nations civiliſées, qui préfèrent ſouvent l'art & le fini à l'utilité de l'ouvrage, ne ſont pas les ſeules qui mettent le fer à ſi haut prix ; les Sauvages & les Barbares qui manquent de ce précieux métal, le

---

Il faut des fers nerveux & bien étoffés pour contenir les aſſemblages de l'Architecture, & former les eſſieux de voiture; tels ceux d'Alſace, de la haute-Lorraine & du Berry.

Les ouvrages d'embelliſſement & de luxe, demandent des fers doux, homogènes, d'une pâte bien liée, & d'une étoffe unie; tels que les meilleurs de Franche-Comté, & quelques veines de roche en Champagne.

Les tréfileries ne peuvent employer que des fers doux, & dont l'étoffe ſoit ſupérieure à la pâte ; l'Alſace, la Franche-Comté & le haut-Langrois, fabriquent des fers de cette qualité, lorſqu'on apporte de l'attention à leur fabrication.

Les armes à feu exigent un fer d'une pâte homogène, & d'une étoffe bien liée, ferme au marteau & à la lime, ſans aigreur, un peu de grain avec beaucoup de nerf gris, pour qu'ils ſoudent bien. Le Luxembourg françois, le Dauphiné, le Limouſin, en fourniſſent de très-bons à cet uſage ; & quelques autres Provinces, lorſque la qualité de la mine & l'attention dans la fabrication concourent de concert à donner au fer cette propiété.

(*) Diſcours de M. Ekſtrom, à l'Académie royale des ſciences de Stockholm.

(H) Cette préexcellence que l'auteur attribue au fer ſur tous les autres métaux, & le haut prix auquel il le porte, pourroient paroître exagérés ; cependant je connois des choſes très-approchantes, ſans vouloir garantir l'enthouſiaſme de M. Ekſtrom.

préfèrent à tous les autres ; ils expoſent même ſouvent leur vie pour voler, ou enlever de force un clou; ce fait eſt confirmé par pluſieurs voyageurs (J).

SECTION II.

De la Recherche des cauſes de la variété des Qualités du Fer.

QUOIQU'IL y ait lieu de croire que le fer ait été connu & travaillé preſque depuis le commencement du monde, cependant rien de plus obſcur encore que nos connoiſſances actuelles ſur la nature de ſes parties intimes ; & il nous paroît que l'innombrable variété de ſes propriétés tient à des cauſes couvertes encore d'un voile très-épais (L).

Il faut d'abord en général chercher les cauſes des variations du fer, ou dans un corps étranger qui peut n'y pas être, ſans avoir égard à l'eſſence du fer, ou dans la variété des proportions de ſes principes conſtitutifs.

Le nombre des corps hétérogènes qui peuvent être combinés avec notre métal, eſt immenſe ; mais ce n'eſt pas une raiſon de leur attribuer à chacun en par-

(J) Le célèbre & malheureux capitaine Cook nous aſſure que les Sauvages ſe précipitoient à l'envi dans la mer, pour aller chercher au fond de ſes abymes quelques vieux cloux qu'il y jettoit ; quelquefois il en diſtribuoit avec économie, pour cimenter des traités d'alliance, & pour procurer des rafraîchiſſemens à ſon équipage, parce que le fer n'eſt point encore ſorti du ſein de la nature, dans ces régions ſauvages où il a eu l'art & la noble hardieſſe de pénétrer.

(L) Les Marbres d'Oxford fixent à l'an 1432 avant l'ère chrétienne, les premiers rudimens de l'art de fabriquer le fer, d'après Euſèbe, Clément d'Alexandrie, Strabon, Diodore de Sicile, Héſiode & Pline ; il y a lieu de croire qu'il remonte plus haut.

ticulier l'effet des cauſes que nous cherchons : l'on doit plus particulièrement ſuſpecter ceux qui ſe trouvent ſouvent combinés avec les minerais; du nombre de ces derniers ſont le ſoufre & la plombagine qui lui eſt analogue ; parmi les métaux, l'arſenic, quelquefois le zinc, & preſque toujours la manganaiſe (M): n'eſt-il pas à propos par des expériences convenables de tenter à découvrir, s'il y a une ou pluſieurs de ces ſubſtances combinées dans le fer, & enſuite rechercher quels effets il en peut réſulter (N) ?

La compoſition intime du fer n'a pas encore été miſe en évidence : nous ſommes donc obligés de recourir à l'analogie pour diriger nos nouvelles tentatives. Nous ſavons que l'arſenic eſt compoſé d'un acide particulier qui lui eſt propre, lequel combiné avec une certaine doſe de phlogiſtique, forme une maſſe concrète qui eſt l'arſenic blanc. Or, ſi l'on unit à cette ſubſtance coagulée, une portion déterminée du principe inflammable, on la réduira en un régule qui aura toutes les propriétés d'un demi-métal (O). Des

---

(M) Je me ſers ici du terme de manganaiſe, au lieu de magnéſie, pour éviter l'équivoque de dénomination, avec la magnéſie, ou terre magnéſienne qui n'a aucun rapport avec le fer, ni avec la manganaiſe ou ſavon des verreries, en latin *magneſia.*

(N) Il y a pluſieurs autres métaux combinés avec les mines de fer, & qui peuvent contribuer à ſon altération : le cuivre eſt abondant dans certaines mines de fer ſpathique des Alpes & des Pyrénées ; le plomb, dans une mine de Cooatnoz en Bretagne ; quelques veines de Berry, de Pontoiſe, contiennent de l'or. L'argent & le plomb ſe trouvent combinés avec le fer à Houelgouate en Bretagne. L'on ſoupçonne des mines de fer antimoniales dans l'Auvergne, le Limouſin & le Nivernois : preſque toutes les mines de fer de France, contiennent du zinc, ſur-tout les mines ſecondaires & d'alluvion.

(O) Puiſque M. Bergman tire une induction par analogie, qu'il me ſoit permis d'en tirer une autre. Si l'arſenic blanc eſt une concrétion réſultante de l'union d'un acide avec le phlo-

expériences, tant d'analyſe que de ſynthèſe, ont fait connoître la réunion de ces principes de l'arſenic : il ne réſulte pas de-là, que l'on doive conclure avec exactitude, que chaque eſpèce de métal ſoit le réſultat d'un acide radical uni au phlogiſtique, ou pour mieux dire, que les chaux des métaux ſoient des acides particuliers concrets par l'effet du phlogiſtique ; cette manière de raiſonner ſeroit très-dangereuſe : il faut donc apporter la plus grande circonſpection dans la recherche des opérations de la nature, & ne s'expoſer dans les ſentiers obſcurs qui conduiſent à ſon ſanctuaire, qu'avec le fil d'Ariane, juſqu'à ce que les conjectures que l'on peut faire, puiſſent être detruites ou confirmées par des expériences exactes & préciſes. Cependant dans le cas préſent, il ſe préſente à l'idée une probabilité ſingulière ; les métaux en perdant leur phlogiſtique, ſe réduiſent tous en une poudre ſemblable qui eſt une terre fuſible & très-péſante ; s'ils recouvrent par quelques moyens leur phlogiſtique, ils reparoiſſent de nouveau avec toutes leurs propriétés métalliques antécédentes. Eſt-ce que l'on

---

giſtique, ayant la propriété de ſe ſublimer, l'arſenic a juſqu'alors une parfaite analogie avec le ſoufre commun, tant par ſa conſtitution, que par ſa propriété volatile : mais l'arſenic blanc traité par le feu avec le phlogiſtique réducteur, donne un régule métallique; ce que l'on n'a pu encore tirer du ſoufre ; voilà une différence : il y en a encore une autre qui eſt que le ſoufre ſe diſſout dans les huiles, c'eſt un ſel bitumineux : l'arſenic ſe diſſout dans l'eau, c'eſt un ſel, & un ſel métallique : il faut donc qu'il entre dans la compoſition de l'arſenic, une terre métallique qui eſt l'excipient de l'acide & du phlogiſtique.

Le ſoufre laiſſe après ſa combuſtion, une matière brune & noirâtre peu abondante: ce réſidu pourroit être une terre ferrugineuſe ; on pourroit s'en aſſurer, en traitant en grand cette matière que l'on trouveroit abondamment dans les manufactures d'huile de vitriol, dans leſquelles on prépare cet acide avec le ſoufre. Que l'on me paſſe ces doutes, juſqu'après la démonſtration.

ne peut pas compter ſur une grande analogie entre ces différentes chaux métalliques ? Dans toutes, le phlogiſtique eſt le même ; la ſeule variété des acides qui les ſature, conſtitue les différences ſpécifiques des métaux : aucuns des phénomènes cités juſqu'ici ne répugne ; au contraire, pluſieurs préſentent des rapports.

Quoique la Chimie n'ait pu encore découvrir la nature des acides métalliques, excepté celui de l'arſenic, nous reſtons ferme dans nos idées ; car la liaiſon du phlogiſtique coagulant peut être ſi intime & ſi forte, que les moyens que l'on a employés juſqu'alors, n'ont encore pu la rompre, & qu'elle réſiſtera encore des ſiècles aux efforts de l'Art. Cette portion de phlogiſtique qui reſtitue aux chaux leur état métallique, s'en ſépare pour l'ordinaire facilement : cependant cette liaiſon eſt ſi inégale qu'il en réſulte la diviſion des métaux en nobles ou parfaits, & en métaux obſcurs ou imparfaits : s'il y a une différence ſi évidente dans le principe néceſſaire pour opérer la réduction d'un métal, pourquoi n'y en auroit-il pas une dans la portion coagulante (P) ?

(P) Il doit y avoir néceſſairement une différence eſſentielle entre le phlogiſtique coagulant, & le phlogiſtique réducteur, puiſqu'ils n'ont pas les mêmes propriétes. Ce ſont deux êtres inviſibles & inſenſibles ; on n'a pu les ſéparer purs juſqu'alors des ſubſtances qui les contiennent.

L'air inflammable n'eſt point le phlogiſtique réducteur, mais un air chargé de phlogiſtique, comme le charbon eſt un corps denſe, chargé de phlogiſtique. On réunit le phlogiſtique réducteur aux ſubſtances qui en ſont dépourvues, & on l'enlève à celles qui en ſont douées en quantité ſuffiſante, ou en ſurabondance par des doubles ou triples affinités, ſoit par la voie ſèche, ſoit par la voie humide.

Le mot phlogiſtique eſt trop généraliſé ; & mille gens l'emploient, ſans le connoître ni l'entendre.

Le phlogiſtique & la chaleur peuvent exiſter & agir l'un ſans l'autre ; ce ſont deux parties conſtitutives, & en même

Maintenant, appliquons au fer cette théorie que nous regardons comme très-probable, afin qu'elle ſerve de baſe aux nouvelles expériences qui doivent confirmer nos hypothèſes, ou les détruire radicalement. Occupons-nous d'abord du phlogiſtique revivifiant; ſa quantité ne peut-elle pas varier dans le fer ? S'il peut y avoir de la variation, il faut ſcruter à fond quel effet elle produit dans les différentes circonſtances; après avoir fixé ces limites, il ſera néceſſaire de paſſer à l'examen du phlogiſtique coagulant, tenter de le ſéparer de ſa baſe, juſqu'à ce qu'enfin on en obtienne un acide pur radical; & enſuite examiner avec ſoin la quantité produite de cet acide, & quelles en ſont les propriétés.

Au ſurplus, tous les corps de la nature contiennent une portion quelconque de la matière de la chaleur qui leur eſt fortement adhérente, ce qui eſt facile à démontrer particulièrement dans les métaux.

La doſe de cette chaleur n'eſt-elle pas différente dans le fer, à raiſon de ſes différentes ſituations ? Il convient de déterminer par des expériences cette variété, & d'en reconnoître les effets.

---

temps des propriétés du feu. La chaleur eſt le principe du feu; le feu fixe uni à la terre conſtitutive des corps, & le phlogiſtique qui eſt le feu combiné avec de l'air fixe, en eſt l'aliment : la chaleur du ſoleil contient la chaleur principe, ſans phlogiſtique, ainſi que la chaux & les alkalis cauſtiques : le phlogiſtique uni à l'air ou à l'eau, contient le moins de chaleur poſſible; lorſque ces deux ſubſtances ſont en contact, il y a auſſitôt embraſement & déflagration, ſouvent fulguration.

Le Courier de l'Europe du mois de juillet, rapporte une expérience de M. Prieſtley, par laquelle ce ſavant revivifie la chaux de plomb, au moyen de l'air inflammable enflammé par la chaleur ſolaire, d'où il conclut que l'air inflammable eſt le phlogiſtique. Cette concluſion ne porte pas le caractère de la conviction, parce que l'expérience n'eſt pas démonſtrative, quoique l'effet en ſoit vrai. Le phlogiſtique eſt un prin-

Juſqu'ici nous avons effleuré, ſeulement comme il convenoit, les principales matières pour ſervir d'eſquiſſe à celles qui doivent ſuivre : quoique nous expoſions bien des expériences, il en reſte encore bien d'autres à faire ; cependant il ne ſera peut-être pas inutile de publier ces fragmens, qui, quoiqu'alors imparfaits & tronqués, pourront déterminer d'autres ſavans à courir la même carrière. Ce travail n'eſt pas moins utile qu'il eſt pénible & épineux ; il exige les loiſirs de pluſieurs années qui lui ſoient uniquement conſacrés ; & outre un appareil complet d'inſtrumens néceſſaires, il faut y apporter un génie propre à inventer & à exécuter avec ſagacité les expériences qui peuvent jeter un grand jour ſur cet objet ; il faut un homme infatigable dans ſes recherches, qui ſoit exact & preſte à ſaiſir & à déterminer les différens phénomènes qui ſe préſentent ; enfin, lent & ſobre dans ſes concluſions, ſi quelque importante découverte lui fait appercevoir la vérité.

---

cipe ſecondaire inflammable, qui eſt ſuſceptible de s'unir avec tous les corps & les élémens : l'eau chargée de phlogiſtique revivifie les chaux métalliques, comme l'air qui en eſt ſaturé: l'air inflammable eſt donc de l'air chargé de phlogiſtique, & non le phlogiſtique lui-même pur.

L'on pourroit appeler ce que M. Bergman nomme le *materia caloris,* phlogiſtique coagulant, le feu fixe, le feu rendu fixe par ſa combinaiſon avec la terre élémentaire; & le phlogiſtique réducteur pourroit ſe nommer le feu volatil, ou rendu volatil par ſon union avec l'air fixe, lequel ſe ſépare des corps par l'intermède de l'air atmoſphérique qui prend ſa place dans les chaux métalliques. Voyez la Préface.

(Q) M. Bergman s'eſt peint d'après nature à la fin de ce paragraphe ; quiconque voudra ſuivre ce ſavant dans la même carrière, doit avoir comme lui ce ſentiment vif de l'amour de la vérité, qui eſt toujours fécond en moyens ; cette ſublime candeur qui inſpire la confiance ; ce tact délicat qui ſaiſit tout à ſa place ; enfin cette circonſpection lente & froide dans les jugemens.

SECTION III.

De la Recherche de la quantité du Phlogiſtique réducteur, par la voie humide.

POUR détruire toute ambiguité, quoique nous nous ſoyons déja expliqué aſſez clairement, nous croyons devoir prévenir en termes formels, que nous entendons par *phlogiſtique réducteur*, cette portion dont la ſouſtraction fait perdre entièrement la forme à un métal, lequel eſt alors ſoluble dans les acides, ſans produire aucun fluide aériforme, & laquelle étant reſtituée au métal, lui rend toutes ſes propriétés métalliques.

Nous attribuons tout ce qui reſte d'inflammable à la portion coagulante ; à moins qu'il n'exiſte quelque corps étranger inhérent, qui ſoit imbu du même principe ſubtil.

Pour parvenir à conoître cette quantité de phlogiſtique avec plus de préciſion, nous ne nous ſommes pas contenté de ſuivre une ſeule route, nous en avons pratiqué diverſes autres qui pouvoient nous conduire au même but.

Il eſt connu (*) que les métaux perdent, lors de leur diſſolution dans les acides, leur phlogiſtique réducteur, lequel forme des fluides aériformes de diverſes natures ſuivant les circonſtances. L'acide vitriolique & le muriatique en diſſolvant le fer, produiſent de l'air que l'on appelle ordinairement inflammable : on nomme nitreux, celui qui réſulte de la diſſolution du fer dans l'acide du nitre.

(*) Opuſcul. de M. Bergman, vol. II. pag. 354.

Comme ces fluides aériformes conſervent le phlogiſtique qui entre dans leur compoſition, nous avons jugé que le volume de ce fluide inflammable produit, étoit proportionnel aux quantités, même par rapport au principe inflammable, ce qui eſt parfaitement d'accord avec le réſultat des expériences que nous allons détailler.

(A) Voici la manière de procéder. L'on prend un matras de verre qui ait un petit col, l'on y adapte un tube contourné en ∽, dont l'une des extrémités doit être uſée à l'émeri, pour qu'étant adaptée, elle ſcelle exactement de toutes parts : on introduit le matras dans un vaſe de cuivre muni d'un couvercle percé de façon qu'il contienne & aſſujetiſſe ſolidement le col du matras, & que l'ouverture libre du tube puiſſe entrer dans l'ouverture d'une bouteille renverſée, pleine d'eau, & ſuſpendue à une diſtance convenable dans un vaſe poſé deſſous, de façon que l'orifice ſoit au-deſſous de la ſurface de l'eau (R).

L'appareil étant monté, l'on introduit de l'eau dans le vaſe de cuivre, & on excite le feu juſqu'à l'ébullition de l'eau ; on jette enſuite dans le matras, un quintal de fer réduit en poudre, ſoit par l'effet de la lime ou du marteau, ſuivant ſa ſituation & ſon caractère ; on affermit le col au couvercle du bain-marie, & l'on ajoute une quantité d'acide néceſſaire, pour diſſoudre le quintal de fer ; à l'inſtant l'on adapte le tube contourné, laiſſant libre l'extrémité qui eſt déja fixée à l'orifice du récipient : enfin, l'on plonge avec précaution le matras dans l'eau du vaiſſeau de cuivre; on y adapte ſon couvercle. Ces précautions priſes,

(R) Cet appareil eſt du genre de ceux que l'on appelle pneumato-chimiques ; il eût été à deſirer que l'auteur l'eût fait graver. Ce ſont de vrais aréomètres. Il paroît que l'appareil que décrit M. Bergman, ſeroit ſuſceptible de perfection.

l'on

l'on fait bouillir l'eau, & l'on continue de la tenir en ébullition, tout le temps qu'il paſſe de l'air dans le récipient, & ce, particulièrement pour empêcher que l'eau du récipient n'entre dans le matras, ce qui arriveroit ſi la chaleur ſe ralentiſſoit.

Dans toutes les expériences, j'ai employé une meſure égale d'acide vitriolique, ce que j'ai obſervé auſſi avec les autres acides, dans les expériences qui ſeront enſuite rapportées.

Comme je me ſuis ſervi dans toutes les expériences du même appareil, & que j'ai employé toujours le même degré de chaleur, les rréſultats ont toujours été les mêmes & uniques, comme cela doit être; la quantité du fer ſeule a varié.

Nous avons réduit le volume des fluides aériformes, en pouces cubes calculés par les décimales; chaque pouce cube contenant deux loths d'eau pure.

Le matras avec ſon tube contenoit 8 $\frac{1}{2}$ loths d'eau, ou 4 $\frac{1}{4}$ pouces cubes : l'ayant expoſé vide dans l'eau bouillante, il a pouſſé dans le récipient 1 $\frac{1}{4}$ pouce cube d'air ſeulement; le même étant expoſé à la même chaleur, & contenant 2 loths d'eau, ou un pouce cube, qui eſt le volume répondant à peu près à celui de la diſſolution, il a donné à cauſe des vapeurs, 3 pouces d'air dans le récipient, leſquels ſont à ſouſtraire de tous les produits aériens, ce que l'on a obſervé dans les calculs des tableaux ſuivans (S).

(S) Il eſt néceſſaire de donner les rapports des meſures de Suède avec celles de France, pour pouvoir apprécier au juſte les réſultats des expériences de M. Bergman, & afin de connoître le volume des matières employées & celui des produits.

Rien n'eſt plus vague & plus incertain que ce que pluſieurs auteurs ont écrit à ce ſujet. Voici un rapport plus précis.

Le pied-de-roi du châtelet de Paris ſe diviſe d'abord en duodécimales, pouces & lignes, dont chacune ſe ſubdiviſe en décimales, points ou parties; il en contient 1440.

(B) Nous avons commencé nos expériences avec l'acide vitriolique, vulgairement appelé dans le com-

---

Le pied de Suède ſe diviſe tout en décimales; il contient 10 pouces, chaque pouce 10 lignes, & chaque ligne ſe diviſe en 10 points ; il contient 1000 parties ou points ſuédois qui diffèrent des points du pied-de-roi.

Le pied de Suède contient 10 pouces, 11 lignes, 6 points du pied-de-roi, & ces deux meſures ſont en rapport, comme 1,317 : : 1,440.

Le pied carré de Suède contient 122 $\frac{2}{3}$ pouces du pied-de-roi, & ſont en rapport comme 122 $\frac{2}{3}$: : 144.

Le pied cube de Suède contient 1,346 $\frac{49}{120}$ pouces du pied-de-roi, & eſt en rapport avec ce dernier, comme 1,346 $\frac{49}{120}$: : 1,728.

Mais, comme le pouce du pied de Suède eſt plus long que celui du pied-de-roi, qu'ils ſont en rapport entr'eux comme 120 : : 131 $\frac{6}{10}$, 100 pouces cubes de Suède équivalent 120 $\frac{1}{4}$ × $\frac{60}{14400}$:

On peut prendre par approximation le pouce cube dont M. Bergman a fait uſage dans ſes expériences, pour $\frac{6}{5}$ de celui de Paris.

Il eſt néceſſaire de donner auſſi le rapport du poids du Suède avec celui de Paris.

Comme M. Bergman s'eſt ſervi de loths pour peſer les liqueurs qu'il a employées, je ſuis fondé à croire que ce ſavant s'eſt ſervi de la livre appelée en ſuédois *victualie-vigt*, poids des comeſtibles, qui eſt la petite livre d'un uſage ordinaire.

Cette livre ſe diviſe en 32 loths; au lieu que la livre de pharmacie ſe diviſe en onces, terme dont l'auteur ne s'eſt ſervi nulle part.

La livre de vivres eſt compoſée de deux marcs, le marc de ſeize loths, chaque loth de deux quintins ; le quintin ſe ſubdiviſe en fractions de ſon entier : la livre au total contient 8,848 grains ou *as* ſuédois.

Cette livre contient du poids de marc de Paris, 13 onces, 7 gros, 8 grains, au total 8,000 grains : ainſi le loth qui contient 276 $\frac{1}{2}$ grains de Suède, n'en contient que 250 de Paris, ce qui les met en rapport, ainſi que la livre : : 500 : : 553 ; enſorte que l'on peut prendre le quintal dont M. Bergman a fait uſage pour 90 $\frac{2}{3}$ grains de Paris, qui eſt la plus grande approximation qui ne diffère de la réalité que de $\frac{19}{8000}$.

merce, huile de vitriol, telle qu'on la vend : elle a été mêlée avec le quadruple de ſon poids d'eau diſtillée; ſon poids ſpécifique étoit 1,129.

La première colonne de la table ſuivante indique le nombre de pouces cubes de l'air tiré d'un quintal de fer, avec la diminution indiquée plus haut.

La ſeconde colonne marque le nombre des minutes qui ſe ſont écoulées, juſqu'au moment auquel il n'eſt plus paſſé d'air dans le récipient.

N°s. des Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
1re.	Fer crud ſurchargé de phlogiſtique, provenant du grand fourneau de Leufſtad, dans la province de Roſlagie, a donné....	43	45.
2e.	Fer crud ſaturé d'une juſte doſe de phlogiſtique, provenant du même fourneau de Leufſtad, a donné....	39,5	45.
3e.	Fer forgé ductile du même lieu de Leufſtad....	50	15.
4e.	Fer ductile provenant de la même fonte, & fait dans un creuſet par l'expérience (94)....	51	25.
5e.	Fer crud d'Akerby....	38	50.
6e.	Fer forgé d'Akerby, procédant du précédent....	48	15.
7e.	Fer crud provenant du fourneau d'Ullfors....	41	45.
8e.	Fer fogé fabriqué dans la même forge....	50	15.
9e.	Le même avec une double doſe d'acide vitriolique....	50	15.
10e.	Le même diſſous à la ſimple chaleur de digeſtion....	50	
11e	Fer forgé d'Oſterby....	48	15.

Nos. de Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
12e.	Acier cémenté, provenant du fer d'Oſterby, trempé & recuit pour qu'il puiſſe ſe limer.	46.	10.
13e.	Le même Acier chauffé, battu ſous le marteau en lames minces, trempé & pulvériſé	46.	30.
14e.	Fer crud tiré du fourneau de Forſmark.	40.	55.
15e.	Fer forgé de Forſmark.	51.	15.
16e.	Acier corroyé, trempé & recuit, tiré du même fer	48.	10.

Toutes les variétés de fer citées juſqu'au N°. 16, proviennent des mines qui ſont fréquentes dans la province de Dannemora, & fabriquées à la méthode françoiſe: ces fers ſont préférés à tous les autres de Suède, & ſont connus ſous le nom générique de fer d'Oregrund (*).

(*) Ce fer provenant des mines de Dannemora, s'exportoit autrefois par Oregrund; & quoique aujourd'hui cette ville n'en faſſe plus le commerce depuis 1638, ces fers ont conſervé l'épithète d'Oregrund (T).

(T) Je connois particulièrement la qualité de ces fers d'Oregrund, par l'uſage qu'en fait la manufacture de Nerouville pour les convertir en acier. Les Anglois les accaparent par un Traité qui ſe renouvelle tous les cinq ans. Je préviens les ſavans qui voudroient répéter les expériences de M. Bergman avec ces mêmes fers, qu'ils ſont marqués de caractères diſtinctifs: tels qu'une L enfermée dans un cercle; une L & un P ne formant qu'un ſeul caractère couronné; deux O O appelés les deux boulets, & le G enfermé dans un cercle. Ces fers ſe vendent actuellement à Stockolm, huit rixdales le chiffund qui pèſe 275 liv. poids de marc de Paris; c'eſt 16 liv. 6 ſ. le quintal, non compris le fret & les droits.

Les fers timbrés d'autres caractères, ſont d'une qualité inférieure.

Nos. des Expér.	Variétés du Fer.		Pouces cubiques d'Air.	Min.
17e.	Fer crud	de Brattfors en Vermeland, a donné	41	20.
18e.	Fer forgé	à l'Allemande, procédant des fontes de Brattfors.	51	10.
19e.	Fer natif	de Sibérie	36	240.
20e.	Fer crud	ſurchargé de phlogiſtique d'Hallefors en Sudermanie	48	15.
21e.	Même F.	refondu dans un creuſet	43	45.
22e.	Acier	cémenté d'Angleterre, refondu ſans avoir égard à la ductilité	45	12.
23e.	Acier	cémenté par M. Quiſt	46	6.
24e.	Fer crud	procedant des mines de Dingelvik, fréquentes dans la Dalie, leſquelles ſont chargées de manganaiſe.	41	90.
25e.	Acier	préparé avec le fer crud précédent.	47	15.
26e.	Fer forgé	caſſant à chaud, préparé dans la paroiſſe de Norberke.	48	10.
27e.	Fer forgé	caſſant à froid, préparé dans la paroiſſe de Grangen	51	8.
28e.	Fer crud	du fourneau d'Huſaby dans le Smoland.	48	30.
29e.	Fer forgé	provenant du fer crud d'Huſaby.	50	6.
30e.	Acier	cémenté, procédant du fer précédent.	44	25.
31e.	Fer forgé	caſſant à froid, de Braas, dans le Smoland, du petit fourneau hongrois	52	25.

Nos. des Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
32e	Fer forgé caſſant à froid, de Braas, rendu malléable & ductile au moyen de la pierre calcaire (*)........................	....48....	20.
33e.	Fer forgé fondu de nouveau dans un creuſet avec de la chaux de fer, & qui ne s'eſt pas moins trouvé caſſant à froid (Expér. 100)........	....52....	20.

(*) L'aſſeſſeur du collége métallique, noble J. A. Stockenſtrom (V), nous a communiqué une ſuite d'expériences très-importantes qu'il a faites l'été dernier à Braas dans le Smoland : les mines de marais de ce canton, traitées dans les grands fourneaux, ne produiſent que des fers caſſans à froid. M. Stockenſtrom, croyant qu'il étoit poſſible de pouvoir tirer de ces mines des fers ductiles par la ſimple fuſion, fit conſtruire un fourneau de 8 pieds de hauteur, ſemblable à ceux que les Hongrois nomment *Blau-ugn*. Ayant répété pluſieurs expériences, ce ſavant a rémarqué,

1°. Que ces mines traitées par la ſimple fuſion, ſans aucune addition, donnent un fer caſſant à froid; tel que celui rapporté dans l'expérience (31).

2°. Qu'ayant ajouté $\frac{1}{8}$ de pierre calcaire griſe mêlée d'un peu de quartz, il a obtenu un fer ductile, tel celui de l'expérience (32).

3°. Que les batitures qui tombent pendant le forgéage du fer & que l'on nomme *Hameſelack*, en ſuédois *Hammarſlagg* fondues ſans chaux, & réduites en fer, ont donné un fer caſſant à froid.

4°. Que dans tous les fondages faits avec ou ſans pierre calcaire, il y avoit une perte conſidérable ſur le poids, & qui étoit de $\frac{50}{100}$ au fondage, & de $\frac{25}{100}$ dans la réduction des batitures dont on a fait uſage, quoique le minerai ait perdu $\frac{30}{100}$ au grillage : il eſt évident que ces pertes relatives aux matériaux employés & au produit, méritent la plus ſérieuſe attention.

(V) M. Stockenſtrom cité par M. Bergman, eſt le même dont il eſt fait mention dans la Préface.

(C) Pluſieurs de ces expériences ont été répétées avec l'acide du ſel marin, dont la peſanteur ſpécifique étoit 1,155. Nous en ajouterons encore d'autres, ſur-tout ſur la fin de la récapitulation.

Nous avons employé un quintal de fer dans les expériences détaillées dans le tableau ſuivant comme dans le précédent, ce qui a lieu auſſi pour le ſubſéquent (Y).

5°. Qu'un quintal de mine qui donnoit 24 liv. de fer caſſant à froid, ne donnoit que 18 liv. de fer ductile (X).

(X) On voit par les obſervations de M. Stockenſtrom, combien il eſt avantageux d'employer la caſtine (pierre calcaire) dans la fuſion des mines de fer ; qu'elle ſert non-ſeulement de fondant aux mines, particulièrement à celles qui ſont argileuſes ou quartzeuſes, mais même qu'elle eſt un correctif qui donne de la qualité à la fonte, & qu'elle augmente le produit du minerai par ſa parfaite fuſion qu'elle procure ; mais il faut que cette caſtine ſoit employée en juſte doſe, de ſorte qu'elle ne rende pas les laitiers pâteux & gluans, & qu'elle n'abſorbe pas une portion de la chaleur du charbon employé.

Il eſt des mines d'alluvion qui ſont combinées avec la matière calcaire, qui n'en ont pas beſoin ; d'autres qui en contiennent beaucoup trop, que l'on eſt obligé de corriger par de l'argile.

Le bleu & le blanc ſont des couleurs, dans les laitiers, qui annoncent une ſurabondance de matière calcaire.

(Y) L'on doit entendre par quintal 100 parties réelles d'un tout idéal & abſtrait d'une matière quelconque : cette méthode docimaſtique de calculer, convient à tous les pays, & ſe fait entendre généralement.

Ici le quintal eſt de 100 grains ſuédois, dont chaque unité repréſente une livre fictive, & peut ſe rapporter à une livre réelle. Ces 100 grains n'en font que 90 $\frac{2}{3}$ poids de marc.

Dans la ſuite de cette traduction, je rapporterai toutes ces expériences réduites au poids de marc & au pouce cube du pied-de-roi.

Nos. des Expér.	Qualité des Fers.	Pouces cubiques d'Acier	Min.
34e.	Fonte ſurchargée de phlogiſtique de Leufſtad, a donné....	43	40.
35e.	Fonte avec une juſte combinaiſon de phlogiſtique provenant du même fourneau.	39,5	30.
36e.	Fer forgé de Leufſtad......	50	10.
37e.	Fonte d'Akerby......	38	30.
38e.	Fer forgé d'Akerby......	48	10.
39e.	Fonte d'Ullfors......	41	25.
40e.	Fer forgé d'Ullfors......	50	10.
41e.	Fer forgé d'Oſterby......	48	10.
42e.	Acier trempé d'Oſterby......	46	20.
43e.	Acier recuit d'Oſterby......	46	5.
44e.	Fonte de Forſmarck......	40	25.
45e.	Fer forgé de Forſmarck......	51	10.
46e.	Acier de Forſmarck......	48	5.
47e.	Fonte de Brattfors......	41	10.
48e.	Fer battu de Brattfors......	51	10.
49e.	Fer natif de Sibérie......	49	70.
50e.	Fonte ſurchargée de phlogiſtique d'Hallefors, a donné.....	48	10.
51e.	Fonte id. refondu dans un creuſet..	43	45.
52e.	Acier Anglois......	45	5.
53e.	Acier préparé par M. Quiſt......	46	4.
54e.	Acier procédant du fer d'Ingelvik.	47	10.
55e.	Fer forgé de Norberk......	48	10.
56e.	Fer forgé de Grangen......	51	4.
57e.	Fonte d'Huſaby......	48	45.
58e.	Fer battu d'Huſaby......	50	4.
59e.	Acier procédant du fer d'Huſaby.	44	20.
60e.	Fer forgé de Braas, caſſant à froid..	52	4.
61e.	Fer forgé de Braas, ductile......	48	8.
62e.	Fer forgé fondu & rendu ductile par la poudre de charbon, (expér. 107.)......	45	45.
63e.	Fonte refondue avec du verre, (expér. 115.)......	45	50.
64e.	Fonte refondue avec du plomb calciné, (expér. 110.)..	43	120.

(D) Nous avons procédé aux mêmes expériences & de la même manière en employant l'acide nitreux dont la péſanteur ſpécifique étoit 1,230 (Y Y).

Nos. des Expér.	Qualité des Fers.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
65e.	Fonte ſurchargée de phlogiſtique du fourneau de Leufſtad, a produit d'air nitreux.	33	
66e.	Fonte avec une juſte combinaiſon de phlogiſtique de Leufſtade	29	
67e.	Fer forgé de Leufſtad.	28	
68e.	Fonte d'Ullfors.	30	
69e.	Fer forgé d'Ullfors.	30	
70e.	Fonte d'Akerby.	26	
71e.	Fer forgé d'Akerby, en ayant mis un quintal dans le matras tiède, & enſuite ayant fait bouillir l'eau du bain marie	29	
72e.	Le même mis en limaille dans le matras un peu plus chaud	20	
73e.	Le même en limaille miſe dans le matras expoſé à l'eau bouillante.	15	
74e.	Fer forgé d'Oſterby, réduit en limaille mis dans le matras pendant qu'on le plongeoit dans l'eau bouillante.	18	
75e.	Fer forgé d'Oſterby, réduit en limaille & mis dans le matras pendant qu'on le plongeoit dans l'eau tiède,	24	

(YY) M. Bergman n'a point déſigné dans le tableau ſuivant des diſſolutions dans l'acide nitreux, les durées en minutes, ce qui auroit pu jeter beaucoup de jour ſur ce genre d'expériences : probablement que les difficultés que préſente l'acide nitreux, ne lui ont pas permis de les porter à cette préciſion qui lui eſt ſi ordinaire.

Nos. des Exper.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
76e.	Fonte ſurchargée de phlogiſtique d'Hallefors, miſe dans le matras, pendant qu'on le plongeoit dans l'eau tiède & enſuite pouſſée à l'ébullition…………	….33..	
77e.	La même pendant qu'on plongeoit le matras dans l'eau un peu plus chaude…………	….30….	
78e.	La même pendant que le matras étoit expoſé à l'eau bouillante.	….28….	
79e.	Fonte pauvre de phlogiſtique d'Hallefors, miſe dans le matras expoſée à l'eau tiède…………	….34….	
80e.	La même à l'eau un peu plus chaude.	….32….	
81e.	Fer forgé caſſant à chaud de Norrbeck, expoſé à l'eau chaude…………	….19….	
82e.	Le même expoſé à l'eau bouillante….	….14….	
83e.	Fonte d'Huſaby produiſant des fers caſſans à froid…….	….34….	
84e.	Acier préparé avec le fer d'Huſaby, expoſé à l'eau tiède.	….32….	
85e.	Le même expoſé à l'eau un peu plus chaude…………	….30….	

(E) Eſſayons à préſent de déterminer par la voie de la précipitation, combien le fer dans ces différens états contient de phlogiſtique réducteur ; nous avons détaillé ailleurs les difficultés que l'on éprouve en ſe ſervant de l'acide nitreux (*).

La quantité de phlogiſtique que nous avons tiré du fer par le moyen de l'acide vitriolique dans une ſeule expérience rapportée dans le même ouvrage, eſt trop peu conſidérable ; il faut donc y ſuppléer ici, & voici la manière d'y procéder.

(*) *Diſſertatio de phlogiſti in metallis diverſa quantitate.*

J'ai fait diſſoudre de l'argent de coupelle dans l'eſprit de nitre juſqu'à parfaite ſaturation, je l'ai précipité avec du tartre vitriolé ; chaque quintal de ce précipité contenoit d'argent 66,7 liv. docimaſtiques, ce qui s'eſt démontré tant par la précipitation que par la réduction.

86e. EXPÉR. L'on prend un quintal d'argent vitriolé, on le diſſout dans environ ſix pouces cubes d'eau diſtillée ; l'on y jette quelques gouttes d'acide vitriolique, non pas pour déterminer la précipitation qui peut ſe faire ſans cet intermede, mais pour empêcher la poudre martiale de dépoſer : enſuite on plonge un petit morceau de fer d'Oſterby, peſant 130 liv. bien nettoyé ; le vaiſſeau reſte expoſé à une chaleur de digeſtion, juſqu'à ce que la liqueur ne puiſſe être troublée par un grain de ſel marin : lorſque la liqueur eſt à ce point, on retire le morceau de fer, l'on trouve alors qu'il a perdu 19,5 liv. environ : d'où il faut conclure qu'il faut 19,5 liv. de fer d'Oſterby pour précipiter 66,7 liv. d'argent (Z).

87e. EXP. J'ai répété cette expérience avec un autre quintal d'argent vitriolé ; mais au lieu de fer d'Oſterby, j'ai employé celui de Grangen, dont 17,9 liv. juſtes ont ſuffi pour opérer la précipitarion de l'argent.

88e. EXP. Un quintal d'argent vitriolé a exigé 20 liv. d'acier d'Oſterby pour compléter ſa précipitation.

89e. EXP. La même quantité d'argent vitriolé à été précipitée par 19,2 liv. de fonte de fer d'Huſaby.

(Z) Pour l'intelligence du réſultat de cette expérience, il faut conſidérer le dernier chiffre ſéparé d'une virgule comme exprimant autant de parties de la valeur des deux précédens, c'eſt-à-dire que 19,5 expriment 19 liv. $\frac{5}{10}$ & que 100 livres d'argent vitriolé contiennent 66 $\frac{7}{10}$ liv. d'argent, & le ſurplus d'acide qui a été abſorbé par 19 $\frac{5}{10}$ liv. de fer.

SECTION IV.

Corollaires déduits des Expériences précédentes.

SI l'on veut prendre la peine de comparer les expériences que nous venons de préſenter & d'en peſer les réſultats, l'on verra avec évidence.

(A) Que l'acide vitriolique & celui de ſel marin ont produit avec un poids égal de fer un volume d'air inflammable parfaitement égal, mais dans des eſpaces de temps très-inégaux; enſorte que le premier agit bien plus lentement, qu'il exige quelqueſois plus du double de temps. Nous penſons d'abord que cette différence procède en partie de la diviſion inégale du corps à diſſoudre, & en partie du premier menſtrue qui eſt plus fluide. Cependant l'un & l'autre de ces acides produiſent la même quantité de phlogiſtique, quelle que ſoit la quantité du diſſolvant, pourvu qu'on l'employe en ſuffiſante quantité (exper. 8 & 9). Et c'eſt ſans doute pour cette raiſon que le principe inflammable confère d'abord ſon caractère pour la génération de cet air. Le fer natif de Sibérie, en cédant difficilement au diſſolvant, paroît ſe diſtinguer par un caractère particulier: il a fallu quatre heures de diſſolution favoriſée par une forte ébullition, pour en tirer 36 pouces cubes d'air. L'acide marin a agi d'abord avec plus d'activité; car dans les premières 30 minutes il en eſt ſorti 30 pouces cubes, & dans les 60 minutes ſuivantes, il n'en eſt ſorti que 19 pouces cubes.

Nous avons eu occaſion d'obſerver la même lenteur dans diverſes autres ſubſtances naturelles; peut-être qu'il exiſte dans différens morceaux de fer de Si-

bérie des variétés dans les diſpoſitions à cette expérience, variétés que perſonne paroît n'avoir encore obſervées.

L'on trouve dans la collection des Mémoires de l'Académie d'Upſal, une ſeule expérience par laquelle il eſt démontré que ce fer diſſous dans de l'eſprit de ſel exhala une odeur forte de foie de ſoufre ; mais dans le ſurplus de ces Mémoires l'on ne trouve nulle trace de ce dont il s'agit.

Il n'en eſt pas de même de l'eſprit nitreux : le ſuccès de ſon action eſt ſi dépendant des plus petites circonſtances, qu'il eſt très-difficile d'obtenir le même réſultat en opérant avec le même appareil & avec les mêmes quantités de matières.

Comme nous avons obtenu par l'acide vitriolique & par l'acide marin le même volume d'air (n°. 8), ſoit que leur diſſolution ait été favoriſée par une chaleur d'ébullition ou ſimplement de digeſtion, nous attendions d'abord le même réſultat de l'acide nitreux; mais au contraire nous avons eu lieu d'obſerver que le volume d'air produit, diminuoit non-ſeulement par l'effet de l'eau fortement échauffée, mais encore lorſque la diſſolution n'agiſſoit que ſur les ſurfaces (expér. 71. 85).; ce qui eſt d'autant plus ſurprenant, que c'eſt dans ces momens que l'effet a coutume d'être plus actif dans les diſſolutions avec les autres acides. Au ſurplus, il paroît évident par ce qui vient d'être cité, que l'acide nitreux eſt le moins propre à conduire au but auquel nous nous propoſons d'atteindre, & qu'il faut remettre à un autre moment à examiner la nature de ſes effets.

(B) Le phlogiſtique réducteur eſt-il en volume proportionnel avec l'air inflammable tiré ? Voilà le fondement de la première methode que nous avons préſentée pour les meſurer exactement.

Afin d'approfondir cette queſtion, nous avons

tenté la précipitation de pluſieurs eſpèces de fer, & nous y avons apperçu de l'accord; car 66 $\frac{7}{10}$ livres d'argent ont été réduites par 19,5 liv. de fer d'Oſterby, & ſeulement avec 17,9 liv. de fer de Grangen.

Si, d'après ces données, on veut par le calcul connoître combien un quintal de chacun de ces deux fers contient de phlogiſtique, en fixant à 100 le quintal d'argent, l'on trouvera 342 pour le fer d'Oſterby, & 373 pour celui de Grangen; or le premier produit 48 pouces cubes d'air, & le ſecond 51, il doit réſulter la formule ſuivante, 48 : 51 :: 342 : 373. Ce qui ſe trouve auſſi à très-peu près. Car en effet, le quatrième terme eſt 363 auquel il manque 10 parties, même une ſeulement, ſi la dernière raiſon s'exprime par des décimales (A).

Les deux expériences ſuivantes s'accordent de même : car dans un quintal de fonte d'Huſaby, il y a 347 parties (expér. 89), & dans l'acier d'Oſterby, il y en a 333 (expér. 88). Or le premier donne 48 pouces d'air inflammable, (expér. 28), & le ſecond 46 pouces, (expér. 12), donc 48 : 46 :: 347 : 333 doivent être égaux. Mais le dernier terme proportionnel eſt rigoureuſement 332,5 qui ne diffère pas d'une demi-partie intégrale, & il eſt difficile d'eſpérer par les diverſes manières de calculer, de trouver des rapports auſſi concordans.

Nous concluons de-là, qu'il y a dans un pouce cube d'air inflammable, à peu près autant de phlogiſtique qu'il y en a dans 2,17 d'acier d'Oſterby, 2,08 de fonte d'Huſaby, 2,08 de fer forgé d'Oſterby, & 1,96 de fer de Grangen.

(C) La fonte produite par la fuſion de la même

(A) Il s'eſt gliſſé une légère erreur dans le calcul du produit de fer du Grangen; qui ne doit être que 372 au lieu de 373, ce qui donne la formule ſuivante; 48 : 51 :: 342 : 372. Le dernier terme devroit donner 363,2.

mine, ne contient pas toujours la même quantité d'air inflammable, & elle en contient d'autant moins, que l'on aura moins employé de charbon pour ſa réduction. La première & la ſeconde table préſentent pluſieurs expériences qui conſtatent ce fait (B).

(D) Le terme le plus foible de ces proportions du principe inflammable contenu dans la bonne fonte, eſt 38, & le plus haut eſt 48. Il faut cependant avouer

---

(B) Quoique la propoſition de l'Auteur ſoit fondée, nous croyons devoir obſerver que ce n'eſt pas toujours la quantité proportionnelle du charbon employé dans la réduction des mines de fer, qui ſature plus ou moins de phlogiſtique la fonte qui en procède : c'eſt le concours de pluſieurs cauſes qui tendent à appliquer plus ou moins exactement le principe inflammable du charbon introduit dans le fourneau, aux molécules ferreuſes du minerai : car il y a bien des fondeurs qui uſant les mêmes mines & les mêmes charbons en proportions identiques, font des fontes griſes ou riches en phlogiſtique, tandis que d'autres en font de blanches ou pauvres.

Mais l'on peut dire que la fonte de fer eſt d'autant plus ſaturée de principe inflammable, que les molécules ferreuſes de la mine ont été en contact plus immédiat & plus continué avec le principe inflammable, à meſure qu'il ſe dégage du charbon. Le minerai du fer peut entrer en fuſion avec une foible doſe de principe inflammable; mais la fonte qui en provient eſt blanche, fragile & d'une moindre peſanteur ſpécifique; une plus forte doſe de phlogiſtique réducteur & qui atteint le point d'une juſte ſaturation, donne à la fonte de fer ſon degré de métallité, la ſolidité, un grain fin & gris, & un poids ſpécifique plus fort. Une plus forte doſe du principe réducteur, décompoſe la fonte en partie. Mais la fonte griſe tenue en bain long-temps, ſans être en contact avec le phlogiſtique, prend encore de la denſité & un poids ſpécifique plus fort.

Voici d'après les expériences de M. le Comte de Buffon, le poids ſpécifique du pied cube de ſes différentes fontes.

Fonte blanche épaiſſe.	457.
Fonte blanche fluide	462.
Fonte griſe	485.
Fonte plus griſe tenue long-temps en bain	512.

Il y a près d'$\frac{1}{10}$ de différence de l'une à l'autre.

ingénument, que le dernier terme nous paroît très-variable. Nous n'avons pu nous procurer de fonte d'Hallefors, que des parcelles tirées de l'intérieur des canons fondus à Hallefors; & ces limailles ont été mêlées ſans doute de particules d'acier provenant du foret (D). C'eſt pourquoi il faut rejetter cette expérience comme étant incertaine, enſorte que 43 eſt le plus haut terme des ſept autres. La fonte qui produit du fer caſſant à froid, donne 48 pouces cubiques. Il ne nous a pas encore été poſſible de ſoumettre à nos expériences le fer provenant de la fonte d'Hallefors, qui n'a pas le défaut de donner du fer caſſant à froid.

(E) La variation dans les différens genres d'acier, marche entre 45 & 48, & celui qui a été préparé avec du fer caſſant à froid, deſcend à 44.

(F) La variation du fer doux va de 48 à 51. Nous n'avons pu faire qu'une épreuve du fer caſſant à chaud, lequel donne par le procédé décrit, 48 qui eſt le terme le plus bas du bon fer; mais nous avons eu trois variations du fer caſſant à froid qui a atteint le plus haut point du fer doux de 50 & 51, & même la troiſième le ſurpaſſe, puiſqu'il eſt monté juſqu'à 52, (dans l'expér. 31).

(G) Il réſulte de la réunion des trois faits que nous venons de rapprocher, que la fonte de fer

---

(D) L'on ne doit pas avoir plus de confiance dans les limailles faites par la lime, que dans celles faites par le forêt, puiſque les limes grainent par le frottement, & perdent *leur fleur* en terme d'ouvrier, lorſqu'elles ont une taille fine & élevée; & il eſt certain qu'il y a plus de parcelles d'acier dans la limaille de fer faite avec la lime, que dans celle faite avec le foret ce qui me fait conjecturer que le motif qui a fait rejeter le produit de cette expérience, n'eſt pas fondé ſuffiſamment: mais il n'étoit pas favorable au but de l'auteur; voilà le vrai motif.

contient

contient la moindre portion de phlogiſtique ; l'acier, la moyenne; & le fer forgé, la plus conſidérable.

Mais avant de donner cette concluſion comme certaine, il eſt néceſſaire de s'aſſurer s'il n'exiſte pas dans le fer modifié dans ces différens états, quelque matière étrangère plus ou moins abondante, qui lâche dans la diſſolution plus ou moins de parties inflammables. La ſuite nous apprendra ce que nous devons connoître à cet égard, (à la ſection VIII). Mais en attendant, il ſuffit d'avoir indiqué que toutes les fois où il eſt parlé de la quantité du phlogiſtique contenu dans le fer, on ne doit avoir égard qu'à celle qui eſt particulièrement propre à ſes molécules. Car la portion du principe inflammable qui eſt inhérente à la plombagine, ou à d'autres matières étrangères, peut n'être pas liée avec la baſe du fer, ſauf la nature du métal.

SECTION V.

De la Recherche de la quantité du phlogiſtique réducteur par la voie sèche.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences pour connoître s'il étoit poſſible, par la voie sèche, de découvrir la quantité de phlogiſtique ; mais nous n'avons pu encore imaginer une méthode certaine pour en déterminer la juſte meſure, ce qui nous oblige de la fixer par des à-peu-près en plus ou en moins.

Nous allons décrire nos expériences, & nous les diviſerons ſuivant la diverſité qui eſt réſultée de nos différentes opérations, en retranchant un grand nombre d'autres qui nous ont paru, ou peu concluantes, ou ne répandre aucune lumière.

Dans les expériences ſuivantes, l'on a procédé par la fuſion, afin de connoître d'abord ſi la fonte contient plus de phlogiſtique, que le fer.

90e. Exp. 200 liv. de fonte ſurchargée de phlogiſtique provenant d'Hallefors avec 50 liv. d'hématite noire décrite par Cronſtedt, ont été expoſées dans un creuſet clos pendant 25 min. à un feu vif excité par un très-gros ſoufflet ; il en eſt réſulté un régule peſant 201 $\frac{1}{2}$ liv. couvert de ſcories noirâtres qui formoient le tiers ou le quart du total. Ce régule applati à coups de marteau, s'étendoit en lame circulaire de 6 lignes de diamètre, avant qu'elle ſe gerçât dans ſes bords.

Le nombre de minutes marquées dans l'expérience précédente, indique la durée du tems pendant lequel le creuſet a été expoſé au feu excité par le vent d'un ſoufflet; ce qui doit s'entendre pour toutes les opérations ſuivantes.

91e. Exp. 200 liv. de la même fonte d'Hallefors avec 50 liv. de chaux martiale précipitée du vitriol & rougie enſuite dans un creuſet ; cette chaux avoit acquis une couleur noirâtre, elle étoit attirable à l'aimant. Après une fuſion de 20 minutes, il en eſt réſulté un régule peſant 206 liv. couvert d'une moindre quantité de ſcories que dans l'expérience précédente.

Ce régule étoit ſi ductile, qu'il s'eſt laiſſé étendre en une lame de 9 lignes de diamètre, ſans que l'on remarquât à ſes bords la moindre gerçure.

92e. Exp. 200 liv. de fonte de Leufſtad, douée d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique, 50 liv. d'hématite noire (de la 90e. Exp.) expoſée dans un creuſet pendant 15 minutes, ont donné un régule peſant 168 liv. Mais l'on appercevoit une multitude infinie de très-petits globules adhérens aux ſurfaces du creuſet & de ſon couvercle; accident qui

provient ſans doute du renverſement du creuſet qui avoit éparpillé le mélange : le régule cédoit avec peine à la percuſſion du marteau, mais les globules réguliers, tant ceux qui étoient obſcurcis par un enduit de ſcories noires, que ceux qui en étoient dépouillés & brillans, étoient tous d'une admirable ductilité (C). Les ſcories étoient à demi tranſparentes, d'une couleur verdâtre, & tiquetées de taches rouges.

93e. EXP. 200 liv. de la même fonte de Leuſſtad, avec 50 liv. de chaux de mars préparée comme dans (l'Exp. 90e), expoſée au feu dans un creuſet clos pendant 15 minutes, ont donné 222 liv. de régule, ayant la même ductilité que celui produit par (l'Exp. 91e) : les ſcories étoient demi-tranſparentes & d'une couleur verdâtre.

Les quatre expériences précédentes ont été faites dans l'ordre qu'elles ſont décrites, & de façon qu'en

---

(C) Les globules qui étoient adhérens au creuſet & à ſon couvercle, & qui étoient plus ductiles que le régule, ne procédoient pas du renverſement accidentel du creuſet, mais d'une effervescence, d'une ébullition qui ſe manifeſte toujours lors de la combinaiſon de deux matières métalliques qui n'ont pas un rapport intime, & que l'on fond enſemble dans un creuſet quelconque, ce qui n'arrive pas lorſque les deux métaux ſe combinent par pénétration & par un rapport plus immédiat. J'ai eu lieu d'obſerver ſouvent ce phenomène, ſoit dans des opérations purement chimiques, ſoit dans les fourneaux de fonderie des forges où cet accident fait déflagrer la tuyère, bouillir le bain, ſoulève les laitiers & trouble l'opération.

Les globules plus ductiles que le régule, provenoient de la fonte ſeule de Leuſſtad, purifiés par une refonte, & élancés contre les parois du creuſet, dans l'inſtant du commencement du mélange de l'hématite plus dure à fondre que la fonte de fer, & contenant des principes étrangers.

Cette ébullition & ces globules ne ſont point des ſignes de volatiliſation.

enlevant du feu un creuſet, l'on replacoit ſur le champ celui qui devoit lui ſuccéder : ce dont nous croyons devoir prévenir le lecteur, pour qu'il puiſſe juger d'une certaine manière de l'intenſité & de l'accroiſſement de la chaleur du foyer.

94e. EXP. 200 liv. de fonte de Leufſtad avec 50 liv. de crocus martial extrait du fer battu par la calcination & inſenſible à l'aimant, après un feu de fuſion de 15 minutes, ont produit un régule peſant 210 liv. s'étendant ſur un diamètre de 9 lignes, ſans que ſes bords éprouvent aucunes gerçures. Une goutte d'acide vitriolique verſée ſur une de ſes ſurfaces, polie à la lime, a laiſſé après quelques minutes une tache blanche que la lotion n'a pas enlevée.

M. Rinman dans les actes de l'Académie de Stockholm, année 1774, nous apprend que l'acide nitreux imprime une couche noire à l'acier & blanchit le fer; enſorte qu'une ſeule goutte d'acide nitreux ſuffit pour fournir un moyen ſûr & prompt de connoître les différentes variétés de l'état du fer (D).

95e. EXP. 200 liv. de fonte de Leufſtad avec 50 liv. de ſafran de mars préparé à Dylte, après 20 minutes, ont donné 196 liv. de régule peu malléable, des ſcories verdâtres ayant un éclat métallique. Ce régule qui cédoit à la lime, a été obſcurci

---

(D) Il y a très-long-tems que je me ſers de l'acide nitreux pour obſerver la conſtitution de la pâte d'un acier ſur la ſurface duquel on apperçoit des veines ferreuſes. Si vous mettez une lame d'acier polie, tel un raſoir, un couteau ou autre pièce, dans l'acide nitreux affoibli du double de ſon poids d'eau, cet acide diſſout plus activement l'acier que le fer, enſorte qu'il ſe forme des ſillons, des cavités & des éminences. Le champ de l'acier s'approfondit, & le fer eſt ſaillant & blanc ; tandis que l'acier eſt d'une couleur griſe foncée. Il faut écurer la pièce après l'effet de la diſſolution & la bien caver, pour ſaiſir plus parfaitement les différences.

par l'effet de l'acide nitreux ; & ayant été ſoumis à la diſſolution bouillante dans l'acide vitriolique, il s'en eſt précipité une poudre noire qui n'a pas cédé au diſſolvant.

96e. EXP. 400 liv. de ſafran de mars fait avec le fer de Dylte, placé dans un creuſet avec de la poudre de charbon & un peu de borax, après un feu de fuſion de 20 minutes, a donné une matière pyriteuſe peſant 68 liv. d'une couleur hépatique ; d'où il paroît conſtant que ce ſafran de mars contenoit du ſoufre : les ſcories étoient opaques, d'une couleur cendrée & verdâtre.

97e. EXP. Afin d'avoir un point fixe d'une juſte comparaiſon, nous avons fondu du même fer de Leufſtad, ſeul, ſans aucun intermède. 200 liv. de fonte expoſée pendant 20 minutes dans un creuſet clos à un feu de fuſion, ont donné 196 de régule noir peu ductile, & dont la caſſure montroit de petites lames brillantes ; il ne cédoit à la lime qu'avec une ſorte de réſiſtance. L'acide nitreux a imprimé ſur ſa ſurface polie une tache obſcure : ayant été chauffé comme il convient, il eſt devenu très-ductile, & après la trempe il a montré un beau grain du meilleur acier : il n'y a eu aucunes ſcories.

Ce régule ſoumis à la diſſolution bouillante de l'acide vitriolique, a dépoſé une poudre noire (E).

98e. EXP. 200 liv. de la même fonte expoſée au feu de fuſion pendant 20 minutes, dans un creuſet dont le couvercle n'étoit pas luté, ont produit un régule peſant 194 liv. abſolument ſemblable au précédent.

(E) Un mélange de trois parties de plomb & d'une de mercure, fondus enſemble & ſoumis à la diſſolution dans l'acide vitriolique aidée de la chaleur de l'eau bouillante, laiſſe précipiter de même une poudre d'un gris foncé rembruni.

Un petit morceau de ce régule ſoumis à la diſſolution bouillante de l'acide vitriolique, a dépoſé un peu de poudre noire.

99e. EXP. 200 liv. de la même fonte expoſée à un feu de fuſion dans un creuſet découvert, du genre de ceux que l'on nomme tute, ont donné 198 liv. de régule qui étoit plus ductile que les deux précédens, mais paroiſſant à la fracture rembruni & comme fuligineux. Il cédoit à la lime; ſa ſurface étoit blanche, tiquetée d'une infinité de petits points bruns qui l'obſcurciſſoient. L'acide nitreux lui imprimoit une tache noire : après la diſſolution dans l'acide vitriolique, il laiſſoit en arrière une ſubſtance légère, ſpongieuſe, brune, de la même forme & du même volume que le morceau de régule employé (E E).

100e. EXP. Voulant connoître ce que le ſafran de mars produiroit ſur le fer caſſant à froid, nous avons pris 200 liv. de celui de Braas, cité dans l'exp. 31, avec 50 liv. de chaux martiale (Exp. 91); les ayant expoſés au feu de fuſion pendant 15 minutes, il en eſt réſulté 180 liv. de régule exactement fondu, & montrant à ſa ſurface une criſtalliſation très-déliée.

Ce régule étoit peu ductile, blanc à la fracture; le centre de ſa maſſe étoit compoſé de grains angu-

---

(E E) Les trois expériences, 97, 98 & 99, démontrent toute la théorie de l'acier. Il ſuffit pour faire paſſer la fonte de fer à l'état d'acier plus ou moins parfait, de la pénétrer de la matière du feu principe, de la chaleur, en écartant toute communication avec le phlogiſtique en action ; c'eſt-à-dire du charbon brûlant, & de l'air ſoit atmoſphérique libre, ſoit celui pouſſé par un ſoufflet. Auſſi voit-on que la fonte refondue dans un creuſet clos, exp. 97, & dans un couvert, exp. 98, eſt paſſée à l'état aciéreux ; tandis que celle qui a été fondue avec le contact du phlogiſtique, exp. 99, eſt paſſée en partie à l'état ductile, & l'autre partie s'eſt décompoſée.

leux & de lames très-minces diſpoſées ſur les contours : ayant éte rougi au feu, il a acquis de la ductilité ; la trempe lui a donné une dureté qui ne l'empêchoit pas de céder à l'action de la lime.

101e. Exp. De 200 liv. du même fer avec 100 liv. de la même chaux martiale, il eſt réſulté un régule peſant 155 liv. qui étoit un peu ductile à froid, mais nullement lorſqu'il étoit chaud : il n'a point pris de dureté à la trempe.

102 Exp. 200 liv. de fer cru d'Huſaby, & 50 liv. de chaux du même fer de Braas, expoſés pendant 20 minutes dans un creuſet luté, ont produit un régule bien moulé, & en outre beaucoup de globules régulins attachés aux ſurfaces du creuſet & de ſon couvercle (F). Ce régule chaud ou froid ſe briſoit également ſous le marteau ; mais chauffé ſeulement de couleur de ceriſe, il a acquis un peu de ductilité ; les globules froids cédoient légèrement à la percuſſion du marteau : mais, quant à leurs autres propriétés, elles ont éprouvé les mêmes effets que ceux dont il eſt queſtion dans les deux expériences ſuivantes.

103e. Exp. 200 liv. de la même fonte mêlée avec 50 liv. de fer de Norberk, ont donné un régule pe-

(F) Même obſervation que dans la note précédente (C), pag. 35, & pour les expériences ſuivantes. Mon obſervation eſt confirmée par l'expérience 104, pag. 40 dans laquelle M. Bergman ayant fondu un régule de fonte de fer d'Oſterby, avec de la chaux martiale provenant du même fer, il n'y a point eu de grenailles ; parce que ces deux ſubſtances étant congénères, ſe ſont pénétrées ſans diſſolution & ſans trouble.
Cependant il y a eu des grenailles dans l'expérience 102, dans la fuſion de la fonte d'Huſaby avec de la chaux du même fer ; mais ces globules étoient plus ductiles que le régule, ce qui prouve qu'elles étoient produites au moment auquel la chaux a commencé à s'unir à la fonte en bain.

ſant à peine 100 liv. avec des globules diſtribués comme dans l'expérience précédente. Ce régule étoit caſſant à froid ; mais rougi au feu, il acquéroit plus de ductilité que le précédent, ayant le caractère de l'acier. Les globules réunis ayant été fondus ſans aucun intermède, n'ont donné aucune apparence de volatiliſation, mais des ſignes frappans de fragilité.

104e. Exp. 200 liv. de la même fonte avec 50 liv. de chaux de fer d'Oſterby, ont produit le même effet; non ſeulement le creuſet qui contenoit la matière étoit enduit d'une couleur rembrunie, mais même l'autre creuſet qui, comme dans les deux précédentes expériences, étoit poſé deſſus pour lui ſervir de couvercle. Ce régule fondu de nouveau avec une chaux martiale produite du même fer, eſt reſté entièrement au fond du creuſet *ſans donner de grenailles.*

105e. Exp. 200 liv. de la même fonte ſans intermède, traitée de la même manière que les précédentes, ont produit 197 liv. de régule qui n'a donné aucun ſigne de volatiliſation.

Avant de paſſer plus loin, nous penſons qu'il eſt utile de rechercher comment le fer ductile obtenu par les précédentes expériences, peut acquérir une ſeconde fois la fragilité.

106e. Exp. 201 $\frac{1}{2}$ liv. de fer de la 90e. expérience forgé mince, avec 50 liv. de plombagine, expoſés enſemble au feu de fuſion pendant 20 minutes dans un creuſet luté, ont produit 190 liv. de régule d'une couleur cendreuſe, ayant des cavités rembrunies ; l'on obſervoit à ſa ſurface de petites ſtries verticillées. Ce régule étoit dur, briſant ſous le marteau, d'un blanc cendré à la fracture comme à la ſurface, & l'on obſervoit une criſtalliſation ; il cédoit à la lime ; une goutte d'acide vitriolique y imprimoit une tache brune, laiſſoit une pétite quantité de poudre noire dans la diſſolution bouillante avec l'acide vitriolique, & la trempe lui donnoit un grain d'acier.

107e. EXP. 206 liv. de régule applati de l'expérience 91, mêlé avec de la poudre de charbon, & traité au ſurplus comme le précédent, ont donné après 18 minutes de feu de fuſion un bouton globuleux peſant 204 liv. Sa ſurface étoit comme brûlée, éclatoit au premier coup de marteau, éprouvant les mêmes accidens que le précédent avec l'acide nitreux & le vitriolique : mais ayant été rougi au feu, il ſe laiſſoit forger facilement, prenoit à la trempe la dureté & le caractère de l'acier.

108e. EXP. 221 liv. de régule applati de l'expérience 93, expoſées ſeules pendant 15 minutes dans un creuſet luté, ont réſiſté au feu de fuſion. Sa couleur eſt devenue obſcure, ſes ſurfaces ſe ſont hériſſées de petites puſtules (G). Mais au ſurplus, il étoit auſſi ductile qu'auparavant. L'acide nitreux l'a blanchi comme tout fer forgé, & s'eſt diſſous dans l'acide vitriolique ſans preſque aucun réſidu.

109e. EXP. Un petit morceau du régule précédent peſant 72 liv., a réſiſté conſtamment à un feu de fuſion pouſſé avec violence pendant une demi-heure, & n'a pas perdu de ſa ductilité (H).

(G) Ces petites puſtules ont été occaſionnées par un peu d'air interpoſé dans l'étoffe du fer, ce qui arrive à la tôle, au fer noir & à celui que l'on cémente. Les ouvriers appellent *moines*, ces tubercules.

(H) Ces deux expériences de M. Bergman, confirment le principe inconteſtable que nous avons établi dans nos Mémoires de Phyſique ſur le fer, que le fer ductile eſt infuſible dans un creuſet clos & ſans intermède.

Lorſque le fer eſt expoſé au feu avec le contact des charbons ou avec des ſubſtances ſalines, telle le ſoufre, le plâtre, &c. alors il ſubit une fuſion qui le décompoſe ; il n'eſt plus qu'en ſcories vitrifiées. Cependant pluſieurs auteurs modernes, & qui méritent la célébrité dont ils jouiſſent, prétendent qu'ils fondent le fer; je dis qu'ils le décompoſent.

Actuellement cherchons le genre d'altération que les matières hétérogènes peuvent produire dans la fonte de fer. Commençons par en choiſir un grand nombre dans le plomb calciné.

110e. EXP. 200 liv. de fonte de Leufſtad, avec 142 liv. de chaux de plomb vitrifiée & pulvériſée depuis peu, crainte qu'elle ne ſoit imbue de quelques particules d'acide aérien, ont été expoſées enſemble à un feu de fuſion pendant 18 minutes dans un creuſet clos. Ayant caſſé le creuſet, il s'eſt trouvé deux ſortes de régule : un de plomb occupoit le fond, & celui de fer le couvroit. Mais ils étoient ſi bien ſéparés l'un de l'autre, que l'on pouvoit conſtater très-exactement leurs poids reſpectifs (H H). Il y avoit peu de ſcories d'une couleur noire. Le régule de fer ſe briſoit ſous le marteau, montroit à ſa fracture un tiſſu lamelleux d'une couleur cendrée, cédoit à la lime, recevant la tache brune par l'acide nitreux, dépoſant dans l'acide vitriolique une poudre noire qui réſiſtoit à l'action de l'acide marin.

111e. EXP. 200 liv. de la même fonte traitée de même avec 350 liv. de chaux de plomb nouvelle, a donné un réſultat abſolument ſemblable quant au caractère du régule qui en eſt réſulté. Mais, afin de reconnoître ſi la fragilité du fer provenoit de quelques minicules de plomb qui ſe feroient incorporées, nous en avons fait diſſoudre un petit morceau dans de l'acide marin. Cette diſſolution n'a point été troublée par l'acide vitriolique. Le régule de plomb peſoit 262 liv. Le couvercle du creuſet étoit enduit d'une portion de litharge ſublimée.

(H H) L'auteur a omis de donner le poids reſpectif de ces deux régules, & celui du fer de l'expérience 111e. Cette attention eût été néceſſaire pour connoître à peu près la quantité de fer qu'il avoit fallu pour revivifier la chaux de plomb.

L'un & l'autre régules produits par les expériences 110 & 111, ſe briſoient ſous le marteau; quoiqu'ils aient été rougis auparavant, leur fracture, & la dureté qu'ils prenoient à la trempe, annonçoient un caractère d'acier (I).

Il eſt néceſſaire de s'aſſurer ſi la fonte de fer acquiert des perfections par le mélange de la manganaiſe calcinée, puiſqu'il eſt connu que ſa chaux ſaiſit avidement le phlogiſtique.

112e. EXP. 200 liv. de fonte avec 50 liv. de manganaiſe noire, ſoumiſes pendant 20 minutes au feu de fuſion dans un creuſet clos, ont produit un régule caſſant, peſant 190 liv. couvert de ſcories rouſsâtres & ſpongieuſes. Ce régule doux à la lime, a été taché par l'impreſſion de l'acide nitreux, & a laiſſé une poudre noire intacte dans l'acide vitriolique.

113e. EXP. 200 liv. de la même fonte, & 100 liv. de manganaiſe noire traitées de la même manière pendant 15 minutes, ont produit 185 liv. d'un régule bien moulé, couvert de ſcories tranſparentes, verdâtres & ſpongieuſes. Ce régule obéiſſoit légèrement au marteau, cédoit à la lime, montroit à ſa caſſure un grain un peu lamelleux de couleur cendrée, étoit taché en brun par l'acide nitreux: rougi au feu, il acquéroit une grande ductilité, & prenoit à la trempe le caractère d'acier.

(I) Tous les ouvriers conviennent que la vapeur du plomb rend le fer très-caſſant & l'empêche de ſouder. On peut même tirer des expériences 110 & 111 une induction qui confirme cette opinion, & M. Bergman l'annonce, (page 59). Quoique l'acide vitriolique n'ait pas troublé la diſſolution faite dans l'acide marin, l'on ne peut conclure que la fragilité de ces deux régules ne procède de l'effet du plomb qui peut fort bien n'y pas être en état de métal, mais dans une ſituation indiſſoluble, & en ſi petite quantité, qu'elle peut devenir inſenſible, ſur-tout dans un eſſai ſi peu volumineux.

114e. EXP. 200 liv. de fonte de Braas, venant du fer caſſant à froid, 100 liv. de manganaiſe noire traitée de même pendant 15 minutes, ont donné 182 liv. de régule très-fragile & d'une contexture grainée; mais, comme le précédent, il a pris de la ductilité au recuit, & forgeoit également à chaud & à froid. La trempe ne l'a point durci.

Dans les expériences ſuivantes, nous ferons connoître les effets du verre ſur le fer.

115e. EXP. 200 liv. de fonte de Leufſtad avec 100 liv. de verre-criſtal fondus enſemble pendant 15 minutes, ont produit 198 liv. de régule, dont la ſurface étoit couverte entièrement d'une criſtalliſation diſpoſée en rayons parallèles, croiſés par d'autres rayons parallèles, dont la plupart étoient diſpoſés à angle droit. Ce régule ſe briſoit au premier coup de marteau; il étoit intérieurement d'une couleur cendrée, & légèrement lamelleux, ſe laiſſoit entamer par la lime. L'acide nitreux le bruniſſoit, & celui de vitriol le diſſolvoit ſans preſque aucun réſidu; il reprenoit de la ductilité au recuit, & la trempe lui donnoit le caractère du meilleur acier anglois (II).

La partie des ſcories qui poſoient ſur le régule, étoient brunes & compactes, & celles du deſſus étoient jaunâtres & ſpongieuſes.

Comme l'on emploie ſouvent la pierre calcaire pour aider la fuſion en grand, nous allons tenter de connoître quel effet elle produit dans le creuſet.

(II) Dans les forges qui travaillent en acier naturel, on emploie du quartz pour clarifier la mazelle en fuſion, afin de précipiter l'acier, & lui donner de la qualité. Le quartz eſt un verre naturel, plus denſe que le verre ou criſtal artificiel. Ces deux ſubſtances ont beaucoup de rapport, & par leurs principes conſtitutifs, & par leurs effets. Il n'eſt donc pas étonnant que le verre fondu avec la fonte de fer ductile l'ait converti en bon acier.

116ᵉ. EXP. 200 liv. de fonte de Leufſtad, avec 67 liv. de craie calcinée, expoſées enſemble pendant 25 minutes au feu de fuſion dans un creuſet luté, ont donné un régule peſant 191 liv. bien fondu, dur, fragile, intérieurement d'un gris blanc & lamelleux. Les ſcories étoient vitreuſes, d'une couleur verdâtre rembrunie. Ce régule recuit au couleur de ceriſe, devenoit un tant ſoit peu malléable; mais chauffé blanc, il éclatoit ſous le marteau, ayant au ſurplus le caractère de l'acier.

117ᵉ. EXP. 200 liv. de la même fonte, avec $33\frac{1}{2}$ l. de craie calcinée, & autant de quartz en poudre, traités de même pendant 20 minutes, ont donné 192 l. de régule qui étoit un peu plus ductile que le précédent, mais d'une nature aciéreuſe, car il montroit les mêmes ſymptômes que le précédent n°. 115; ce que nous croyons inutile de répéter ici, & dans les expériences ſuivantes.

118ᵉ. EXP. L'expérience 116ᵉ. répétée dans un creuſet dont le couvercle n'étoit pas luté, a donné en 20 minutes 168 liv. d'un régule mal fondu, qui avoit cependant un peu de ductilité.

119ᵉ. EXP. L'expérience 117ᵉ. répétée de même dans un creuſet dont le couvercle n'étoit pas luté, a donné en 15 minutes une maſſe granuleuſe & mal fondue, laquelle a été inutilement ſoumiſe une ſeconde fois au feu pendant une demi-heure. L'on ſéparoit facilement à coups de marteau les grains les uns des autres, & chacun d'eux étoit ſingulièrement ductile (L).

(L) Le réſultat de ces deux eſſais ſeroit totalement contraire à l'expérience qui ne peut ſouffrir de contradiction, ſi une circonſtance ne donnoit pas lieu à le déterminer.

Il eſt de principe que la matière calcaire adoucit la fonte de fer; qu'elle adoucit auſſi le fer forgé; qu'elle empêche la con-

Nous obſervons que dans les deux dernières expériences, la chaleur du feu a été un peu moins intenſe que dans les précédentes. Car, afin qu'il n'entrât dans le creuſet aucune molécule charbonneuſe qui auroit pu donner lieu à des erreurs, le creuſet contenant la matière, étoit recouvert d'un autre creuſet renverſé, & n'étoit point couvert de charbon comme dans les expériences pour leſquelles on a fait uſage de creuſet dont le couvercle étoit luté ; enſorte que la quantité de charbon dans le foyer étant moindre que dans les autres expériences, il en réſultoit une moindre chaleur.

---

verſion du fer forgé en acier ; qu'elle diminue la vivacité d'un acier ſuperſaturé, même qu'elle le ramène à l'état de fer.

Cependant les régules qui ſont provenus de la fonte de Leufſtad qui eſt douce, & donne un fer ductile à chaud & à froid, ſe ſont trouvés aigris & avoir acquis une qualité aciéreuſe par le mélange de la terre calcaire dans des creuſets clos & lutés, parce qu'alors la pierre calcaire calcinée n'a pu exhaler l'*acidum pingue* de Meyer, *materia caloris* qu'elle contient, qui entre en combinaiſon avec le régule. Ceci eſt confirmé par le réſultat des expériences 120 & 121.

Au ſurplus, nous devons obſerver ici que la terre calcaire produit deux effets différens ſur le fer, ſuivant l'état de celle que l'on emploie.

La pierre calcaire crue rend le fer caſſant à chaud, & lorſqu'elle ſe réduit en chaux, elle l'adoucit. En voici la preuve. Quand dans les forges on veut donner de la ductilité aux fers caſſans à froid, on jette de la caſtine qui eſt une pierre calcaire, dans les affineries. Alors la première pièce que l'on fait, donne ordinairement un fer caſſant à chaud, qui forge très-difficilement ; mais les pièces ſubſéquentes ſe forgent bien, & le fer en eſt ductile ; c'eſt pourquoi je conſeille d'employer du lait de chaux pour mouiller le feu, au lieu d'employer la caſtine crue. Celle que l'on emploie dans la fuſion du minerai eſt décompoſée avant de parvenir à la tuyère. Alors, comme elle eſt très-avide de la matière de la chaleur, elle ſaiſit celle dont la ſurabondance aigrit le fer.

120ᵉ. EXP. 200 liv. de fer forgé de Braas, caſſant à froid, mêlé avec 25 liv. de craie calcinée, expoſées au feu de fuſion dans un creuſet clos pendant 15 minutes, ont produit 191 $\frac{1}{2}$ liv. de régule dur, d'une contexture granuleuſe, des ſcories compactes & noires. Ce régule rougi a acquis de la ductilité, mais point de dureté à la trempe.

121ᵉ. EXP. 200 liv. du même fer, avec 50 liv. de craie calcinée, traitée de même, ont donné des ſcories noires, & 192 liv. de régule peu ductile, qui étant rougi, le devenoit un peu plus.

122ᵉ EXP. De 200 liv. du même fer, avec 100 l. de craie calcinée, traités de même, il eſt réſulté 191 liv. de régule avec des ſcories brillantes & vertes. Ce régule étoit un peu ductile, ſes parties intérieures étoient lamelleuſes & diſpoſées verticalement; rougi au feu, il prenoit de la ductilité; mais il a conſervé après la trempe ſon premier caractère, ſans acquérir plus de dureté.

123ᵉ. EXP. De 200 liv. du même fer, avec 25 l. de pierre calcaire crue, traités dans un creuſet ſans être luté, avec ſon couvercle pendant 15 minutes, il eſt réſulté 164 liv. de régule un peu plus ductile que les précédens. Ayant été rougi au feu, il a montré un peu de fragilité; les ſcories ont été noires.

Nous avons auſſi voulu connoître l'effet du ſoufre ſur le fer caſſant à froid.

124ᵉ. EXP. Nous avons mis 200 liv. de fer dans un creuſet. Lorſqu'il a été bien rouge, nous y avons ajouté du ſoufre à pluſieurs repriſes, & la maſſe a été miſe en fuſion. Le fer ſulfureux qui en eſt réſulté, étoit d'un brun noirâtre; ayant été calciné & enſuite mêlé avec de la poudre de charbon, en peu de temps il a été réduit en état de métal. Ce régule étoit caſſant, ayant intérieurement l'œil de la fonte, cédoit avec peine à la lime, noirciſſoit par l'effet de

l'acide nitreux ; étant chauffé rouge, il reprenoit un peu de ductilité, durciſſoit à la trempe, & avoit la caſſure de l'acier.

Nous avons fait l'expérience ſuivante, afin de connoître s'il eſt poſſible de corriger un fer caſſant à froid, avec un fer caſſant à chaud.

125e. EXP. Un quintal de fer de Norrberk, avec autant de fer de Braas mis enſemble avec de la poudre de charbon dans un creuſet, ont été fondus en 15 minutes. Il en eſt réſulté 208 liv. de régule de couleur griſe, hériſſé de rugoſités brillantes, indépendamment de pluſieurs globules qui étoient agglutinées ; quoique ces globules aient été en contact avec les charbons, elles cédoient au marteau ; mais le régule principal rompoit au premier coup. Dans ſa fracture la partie ſupérieure étoit plus obſcure & rembrunie que l'inférieure; il ſe limoit facilement ; l'acide nitreux le noirciſſoit : chauffé au feu, il n'a forgé ni rouge ni blanc, ainſi que fait la fonte (LL).

126e. EXP. Un quintal de chaux martiale préparée avec du fer caſſant à froid, mêlée avec de la poudre de charbon, ſans autre intermède, pouſſée au feu

---

(LL) M. Bergman n'annonce point dans cette expérience 125, ſi c'eſt de la fonte de Norrberk & de Braas, ou du fer battu dont il s'eſt ſervi; & il y a apparence que c'eſt de la fonte, puiſqu'il y a eu fuſion, car le fer ne fond point avec de la poudre de charbon dont il a fait uſage ; & comme le régule qui en eſt provenu ne forgeoit ni rouge ni blanc, il y a grande apparence que le principe qui rend les fers caſſans à chaud, paſſe facilement dans ceux qui ſont caſſans à froid, & leur communique le même vice. Il paroît par l'excédent du poids des deux quintaux de fer employés, qui ont donné 208 liv. de régule, que le charbon mis comme intermède, eſt entré en combinaiſon avec la partie du régule principal ; tandis que les globules produites par l'efferveſcence de la diſſolution, ſe ſont chargées d'une portion de phlogiſtique qui leur a procuré un peu de ductilité.

dans

un creuſet, a produit 60 liv. de régule caſſant, cédant à la lime, l'intérieur étoit brun & traverſé de linéamens métalliques brillans & maillés; l'acide nitreux a rembruni ſes ſurfaces polies à la lime : au ſurplus il paroiſſoit tenir de la nature de la fonte, car, après avoir été rougi, il n'a pu ſe forger, ni prendre une dureté rémarquable (A).

127e. Exp. Afin de connoître plus exactement l'effet du ſoufre ſur le fer caſſant à froid, j'ai mis 83 liv. de régule produit par l'expérience 124, avec 21 liv. de chaux de fer doux, dans un creuſet expoſé pendant 15 minutes au feu de fuſion. Le régule qui en eſt réſulté peſoit 53 liv., il étoit cellulaire, blanc, exceſſivement fragile, paroiſſant criſtalliſé dans ſa fracture, cédant facilement à la lime; l'acide nitreux le bruniſſoit; chauffé rouge il étoit plus ductile que dans la 124e. expérience; prenoit à la trempe de la dureté & le caractère de l'acier. Les globules qui étoient épars étoient ductiles, & les ſcories d'une couleur jaune rembrunie.

Nous allons voir ce que la chaux d'un fer vicieux produit ſur du fer de bonne qualité.

128e. Exp. 200 liv. de fonte de Leufſtad, avec 50 liv. de chaux de fer de Braas, caſſant à froid, traitées à l'ordinaire, ont produit 204 liv. de régule

(A) Il eſt aiſé de voir dans cette expérience 126, qu'indépendemment de la matière de la chaleur, l'acide reſté combiné avec la chaux de fer, a rendu intraitable à chaud les fers caſſans à froid. Cette propriété que l'acide qui ſe combine avec le phlogiſtique des charbons, a de rendre les fers caſſans, s'eſt encore démontrée dans le réſultat de l'expérience 127.

Mais dans la pratique des forges, cet effet eſt encore bien plus ſenſible : lorſque les charbons, ſoit de bois, ſoit de houille, ſont mélangés de parties pyriteuſes, le fer que l'on fabrique avec ces charbons eſt exceſſivement caſſant à chaud, & ſouvent à froid.

qui étoit peu ductile à froid, mais à chaud ſe forgeoit ſupérieurement ; il avoit tout le caractère de l'acier.

129ᵉ. EXP. 200 liv. de la même fonte avec 50 liv. de chaux de fer caſſant à chaud, ont produit 208 liv. de régule. Ce régule a été diviſé en deux parties; l'une forgée à froid s'eſt réduite avec la plus grande facilité en une lame très-mince ; l'autre partie rougie au feu a été ſoumiſe au marteau, mais elle a éprouvé pluſieurs gerçures avant d'avoir acquis l'étendue de la lame battue à froid. Il ne faut donc que quelques livres de mauvais fer, pour déteriorer 200 l. de bon.

(B) Nous avons tenté pluſieurs expériences par la voie de la cémentation dans laquelle nous avons employé différentes matières, telles que la plombagine, la terre calcaire calcinée au point ſeulement d'être encore ſuſceptible d'une légère effervefcence avec les acides ; enfin la chaux noire de manganaiſe.

Nous avons choiſi dans les principales variétés du fer, des morceaux que nous avons introduits dans de petites bouteilles avec les diverſes poudres de cémentation. Ces bouteilles ont été placées dans des creuſets remplis de craie en poudre, & enfin ces creuſets ont été expoſés à la chaleur d'un four de potier; le feu a duré 15 heures : dans les ſix dernières, tout ce que contenoit le fourneau étoit blanc de chaleur : lorſque les bouteilles ont été retirées & refroidies, nous avons procédé à l'examen de ce qu'elles contenoient, dont ſuit le détail (M).

130ᵉ. EXP. La fonte de Leufſtad cémentée avec la plombagine, n'a augmenté ni diminué de poids. Le morceau s'étant égaré après en avoir reconnu le poids,

(M) Les bouteilles employées aux opérations de la cémentation, ont dû être converties en porcelaine vitreuſe, au moins à l'extérieur qui étoit en contact avec la craie.

il ne nous a pas été poſſible d'en faire un examen ultérieur plus étendu.

131e. EXP. Un morceau de la même fonte cémentée avec la terre calcaire, a acquis au-de là du centième du poids qu'il avoit avant. Elle étoit couverte d'une croûte calcinée, laquelle pouvoit ſe détacher en écailles attirables à l'aimant. Le noyau étoit un peu ductile, & prenoit de la dureté à la trempe.

132e. EXP. La même fonte cémentée avec la chaux noire de manganaiſe, a augmenté d'un demi-centième de ſon poids. Elle étoit enveloppée comme la précédente d'une écorce calcinée & attirable; le noyau étoit de la fonte pure, ni ductile, ni dure à la trempe.

133e. EXP. Le fer forgé de Leufſtad, cémenté avec la plombagine, a conſervé ſon poids juſte. Il avoit à l'extérieur l'œil de la plombagine; mais il étoit ductile, très-limable, blanchiſſoit avec l'acide nitreux. La petite écorce qui l'enveloppoit, & dont à peine on pouvoit appercevoir l'épaiſſeur, reſſembloit à la plombagine, mais elle étoit ſenſible à l'aimant. Le noyau avoit le caractère du fer forgé.

134e. EXP. Le même fer forgé, cémenté avec la terre calcaire, a augmenté d'un centième de ſon poids. Il étoit entouré d'une croûte attirable à l'aimant. Le noyau caſſé a montré dans le contour, la contexture du fer forgé, & le centre, celle de l'acier.

135e. EXP. Le même fer forgé, cémenté avec la chaux noire de manganaiſe, a augmenté à-peu-près de la centième partie de ſon poids.

Le marteau en a détaché une croûte fragile & attirable à l'aimant; laquelle limée avec beaucoup de ménagement avoit l'éclat métallique, mais d'une couleur rembrunie. Le noyau ſe limoit, blanchiſſoit à l'eau forte, & étoit véritablement du bon fer ductile.

136e. EXP. L'acier d'Oſterby, cémenté avec la

plombagine, a conſervé ſon poids. Il étoit couvert d'une corticule ſemblable à de la plombagine, mais attirable à l'aimant. Le noyau avoit conſervé toutes les propriétés de l'acier.

137e. EXP. Le même acier cémenté avec la terre calcaire, avoit acquis un accroiſſement du centième de ſon poids. La croûte extérieure avoit pris une couleur rouge, le noyau n'avoit perdu aucun caractère de l'acier.

Un morceau d'acier placé avec de la manganaiſe, s'eſt perdu par accident dans le four.

138e. EXP. Du fer battu de Norrberk caſſant à chaud, cémenté avec la plombagine, a augmenté près de la moitié du centième de ſon poids; ſon écorce extérieure étoit ſemblable à celle de l'expérience 133. Le noyau étoit devenu très-ductile, tant à chaud qu'à froid; mais il étoit converti en acier.

139e. EXP. Le même fer cémenté avec la terre calcaire, a acquis un centième de ſon poids. La croûte extérieure étoit ſemblable à celle du N°. 134. Le noyau étoit très-ductile, tant à chaud qu'à froid.

140e. EXP. Le même avec la chaux noire de manganaiſe, a acquis au-de là du centième de ſon poids; la partie extérieure étoit calcinée & attirable à l'aimant. Le noyau étoit ſingulièrement ductile à froid & à chaud.

141e. EXP. Le fer forgé de Grangen caſſant à froid, cémenté avec la plombagine, a augmenté au plus du quart du centième de ſon poids. Sa croûte étoit attirable & avoit l'extérieur de la plombagine; le caractère du fer n'avoit pas changé, il étoit reſté ductile à chaud & caſſant à froid.

142e. EXP. Le même dans la terre calcaire, à peine avoit acquis quelque choſe au-de là de ſon poids, & le caractère du fer étoit reſté le même.

143e. EXP. Le même traité avec la chaux noire

de manganaiſe, n'avoit gagné que la moitié du centième de ſon poids, & le caractère du fer étoit reſté le même.

SECTION VI.

Corollaires déduits des Expériences précédentes par la voie sèche.

L'ON peut tirer des expériences rapportées dans la ſection précédente, un grand nombre de conſéquences qui ſemblent ſe préſenter naturellement, & nous en tirerons pluſieurs autres de celles qui ſeront rapportées dans la ſuite.

(A) La fonte de bonne qualité, c'eſt-à-dire celle qui eſt douée d'une portion ſuffiſante de phlogiſtique, ſe change en acier par la ſeule fuſion, ſoit dans un creuſet couvert N°. 97, ſoit dans un creuſet ouvert N°. 98. La même mutation arrive avec la terre calcaire, expériences 116 & 117, ou avec la chaux noire de manganaiſe, N°. 113, enfin avec le verre criſtallin, N°. 115.

L'addition de plomb calciné produit du fer qui eſt preſque dans un état mitoyen entre la fonte & l'acier, expériences 64, 110 & 111. Sa fragilité remarquable doit s'attribuer au plomb, quoique nous n'ayons pu encore en appercevoir aucun vertige. Lexpérience journalière a démontré aux ferroniers, qu'une parcelle de plomb dans leur forge, rend caſſant le fer qu'ils y chauffent.

L'acier qui eſt réſulté de nos expériences, n'a pas été d'une égale perfection dans tous les cas; mais celui qui a été fait avec la ſubſtance vitreuſe, a remporté la palme par ſa fragilité, l'égalité de ſon grain,

l'abondance de ſon phlogiſtique ; enſorte qu'il eſt preſque égal à l'acier Anglois que l'on appelle vulgairement acier fondu.

La fonte de bonne qualité, fondue louablement avec de la chaux de fer de bonne qualité, paſſe à l'état de fer forgé, N°. 90 & 64. Mais avec de la chaux martiale provenant d'un fer caſſant à chaud, elle contracte ce défaut, N°. 129 : & ſi on la traite avec la chaux martiale d'un fer caſſant à froid, il en réſulte un bon acier, N°. 128.

La fonte d'Huſaby, qui produit du fer caſſant à froid, a préſenté pluſieurs phénomènes ſinguliers de volatiliſation (M). Mais il n'a point été corrigé par la chaux de fer caſſant à froid, N°. 102 avec la chaux du fer caſſant à chaud. Elle a acquis le caractère de l'acier N°. 103. La même fonte traitée avec la chaux de fer doux a donné un régule qui prenoit de la dureté à la trempe, mais qui étoit exceſſivement fragile, N°. 104.

La fonte de fer n'éprouve preſque aucun changement lorſqu'elle eſt cémentée avec la plombagine, N°. 130, ou avec la chaux noire de manganaiſe, N°. 132. Mais la terre calcaire la fait approcher de la qualité du fer forgé, N°. 131. (N).

(B) Le fer forgé ductile, cémenté avec la poudre de charbon, N°. 107, ou fondu avec la plombagiue, N°. 104, acquiert la propriété de l'acier.

Le caractère du fer forgé caſſant à froid, change très-peu. Fondu avec la chaux martiale, & enſuite

---

(M) Même obſervation que dans la note (C), page 35.

(N) La terre calcaire a adouci la fonte & l'a rapprochée de l'état du fer ductile. Ceci confirme ce que nous avons fait obſerver dans la note (L) page 45, & ſemble contredire le réſultat des expériences 116 & 117. Mais nous avons donné les raiſons de cette diſparité.

chauffé ceriſe, il étoit très-ductile, & même un peu après avoir été refroidi, N°. 100; mais fondu avec une plus forte doſe de chaux martiale, il a paru acquérir le défaut de caſſer à chaud, N°. 101. La chaux noire de manganaiſe l'a un peu amélioré, N°. 114. Mais la terre calcaire lui a conſervé la qualité primitive de caſſant à froid, N°s. 120 & 123. Cette même eſpèce de fer caſſant à froid, combiné avec le ſoufre, enſuite calciné & réduit, fondu de nouveau avec la chaux de fer doux, a pris la nature de l'acier, N°. 127.

Il n'eſt rien réſulté de la cémentation faite des fers caſſans à froid, avec la plombagine, N°. 141., la chaux noire de manganaiſe, N°. 143, & la pierre à chaux, N°. 142.

(D) Le fer caſſant à chaud n'a point été amélioré par le fer caſſant à froid, ni ce dernier par le premier.

La cémentation avec la plombagine N°. 138, avec la terre calcaire N°. 139, & avec la chaux noire de maganaiſe, N°. 140, a paru enlever le défaut du fer caſſant à chaud; mais ce qui eſt digne d'être remarqué, c'eſt que la chaux de ce fer communique ſa fragilité au fer doux & le rend caſſant, étant chauffé rouge, N°. 129.

(E) L'acier n'a point changé de nature dans la cémentation avec la plombagine, N°. 136, ni avec la terre calcaire, N°. 137 (O).

(F) Tâchons actuellement de découvrir, autant qu'il ſera en notre pouvoir, les cauſes de ces phénomènes. Nous obſervons d'abord que l'abondance du phlogiſtique décroît ou augmente ſuivant les circonſ-

---

(O) Si l'acier avoit été cémenté plus long-temps avec la terre calcaire, il ſeroit redevenu fer ductile. J'en ai fait l'expérience en grand. Je n'ai jamais éprouvé la plombagine pour produire cet effet.

tances, & toujours en raiſon des différentes mutations qu'éprouve le fer, & cette variété ne paſſe pas les limites déja obſervées; enſorte que la fonte de fer qui donne par quintal 39 ½ pouces cubes d'air inflammable, N°. 2, enſuite rendu ductile par le moyen de la chaux martiale, en donne encore 51 pouces, N°. 4: mais fondu encore de nouveau avec la poudre de charbon, elle prend la nature d'acier, & fournit alors 45 pouces cubes d'air, N°. 62; de même la fonte refondue avec de la chaux de plomb, donne 43 pouces d'air inflammable, N°. 64, & avec le verre 45 pouces, N°. 63.

Pour ce qui concerne la matière de la chaleur élémentaire inhérente (P), ſa quantité varie ſuivant les divers états du fer, (ſection VII), (C). Enſorte que le fer ſuivant les circonſtances dans quelques opérations perd quelque portion de ſa chaleur, & ſouvent plus qu'il n'en communique.

Au ſurplus, ce qui ſera rapporté à la Section IX, nous fera connoître les principes conſtitutifs du fer dans quelque état qu'il ſoit, & la diſproportion qui regne entre eux. Au reſte, le fer ductile ne contient preſque aucune portion de plombagine; mais il réunit une bien plus grande quantité, tant de la matière de la chaleur élémentaire, que du principe inflammable.

L'acier doué d'une moindre doſe de ces deux derniers élémens, l'eſt de beaucoup plus de plombagine. La fonte de fer ſurchargée de plombagine, poſſéde une bien moindre doſe de phlogiſtique & de la matière de la chaleur.

Pour pouvoir amener la fonte de fer à l'état de

(P) Cette chaleur inhérente eſt ce que l'auteur appelle phlogiſtique coagulant, & que j'appelle feu fixe combiné avec la terre élémentaire du métal.

fer ductile, il eſt néceſſaire de lui enlever la plombagine, ou de décompoſer celle qu'elle contient, & en même temps de lui fournir une plus forte doſe des principes ſubtils (Q).

Cette opération s'exécute dans les foyers des forges par un feu très-intenſe & animé par un vent puiſſant. Ces deux agents déſuniſſent les principes de

---

(Q) Nous ne pouvons nous diſpenſer d'obſerver ici qu'il ne ſuffit pas, pour affiner la fonte de fer, & l'amener à l'état de métal ductile, de lui enlever la plombagine que M. Bergman prétend qu'elle contient excluſivement à toute autre ſubſtance métallique, & lui fournir une plus forte doſe de principes ſubtils, c'eſt-à-dire, du principe coagulant & du réducteur. La fonte de fer contient d'autres ſubſtances que le travail en grand démontre, & qui échappent aux eſſais à petite doſe.

Si l'on examine une affinerie de forge avec des vues d'analyſe, on apperçoit au deſſus de la tuyère des groupes d'une matière de diverſes couleurs, griſe, jaune, rouge, brune & noire. Si on analyſe cette ſubſtance, on trouve qu'elle fait de la gêlée avec l'acide vitriolique, & du laiton avec le cuivre de roſette; donc elle contient du zinc qui ne peut provenir que de la fonte ſoumiſe à l'affinage. Lorſque cette opération n'eſt pas exécutée avec aſſez d'art, tout le zinc ne ſe détruit pas, il en paſſe une partie combinée avec l'élément du fer dans les barres, & on l'y retrouve en analyſant ce fer avec le vitriol martial.

Si le zinc eſt compoſé des parties élémentaires de la plombagine, ce dont je ne ſuis pas convaincu, l'énoncé de l'auteur ſeroit plus fondé.

Pour réduire la fonte de fer par l'affinage à l'état de fer, il ſuffit de rapprocher les parties élémentaires, & de les mettre en contact immédiat, & pour ce, d'écarter & de détruire tout ce qui s'oppoſe à ce rapprochement, & la ſaturer du principe métalliſant quel qu'il ſoit, mais qui procède du feu mis en action.

Outre les ſubſtances métalliques étrangères que la fonte de fer contient, elle eſt chargé du principe aciérant. Car la fonte eſt un acier hétérogène, elle en a la propriété de durcir à la trempe, la fragilité, & ſouvent le grain.

la plombagine qui ſont l'acide aérien, & le phlogiſtique dont elle eſt compoſée (ſection VIII, D). (R). L'acide aérien s'envole, & le phlogiſtique, ſi je ne me trompe, s'accroche aux molécules du fer. On peut faire cette objection. Pourquoi la fonte environnée d'une immenſe quantité de charbon, ne reçoit-elle de phlogiſtique que la doſe qui lui eſt ſuffiſante pour lui donner la ductilité ? Nous répondrons.

La plombagine eſt une eſpèce de ſoufre compoſé d'acide ſaturé de phlogiſtique; or, pour que les métaux puiſſent s'unir avec du ſoufre commun, il faut néceſſairement qu'ils lâchent une portion de leur phlogiſtique; il ne ſe peut faire de liaiſon nulle part autrement. N'eſt-il donc pas permis de conjecturer qu'il en eſt de même de la plombagine? & certainement l'expérience le démontre: car nous ne trouvons aucune fonte ſans plombagine, aucune dont les molécules ferreuſes ſoient douées par elles-mêmes de cette abondance de phlogiſtique qui leur eſt néceſſaire pour parvenir à l'état de fer ductile qui en procède (S), quantité qui varie ſuivant l'état où ſe

---

(R) La lettre (D) indique le paragraphe VIII du texte de l'auteur, coté de cette lettre.

(S) Si l'on tient long-temps de la fonte de fer expoſée à une chaleur qui ſoit ſeulement capable de la faire rougir, ſans communication immédiate avec le feu en action; ou ſi on la cémente avec de la chaux étiente, elle ſe convertit en fer ductile en la chauffant ſeulement; conſéquemment les molécules de fer de la fonte ſont donc douées d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique pour devenir ductiles. Les différences qu'elle préſente dans les diſſolutions ne doivent être imputées qu'aux matières étrangères qu'elle contient.

Rien ne nous démontre dans les travaux en grand, des indications que la plombagine ſoit la ſeule ſubſtance unie à la fonte de fer en ſi grande abondance, pour croire que le déchet que la fonte éprouve dans ſa converſion en fer par le procédé

trouve le fer. Au ſurplus la doſe du princ e inflammable qui eſt uni au fer dans ſes divers états, ſoit cru, ſoit forgé, ne paroît pas être déterminée par un terme rigoureux. Mais cette quantité varie dans une latitude plus ou moins étendue (ſection IV). (G), ſoit que cela dépende, comme il paroît en effet vraiſemblable, des circonſtences qui accompagnent le procédé, ou de la nature des molécules du fer, qui diffèrent entre elles de quelque manière (T). Quoiqu'il ſoit hors de doute que l'on peut, par un procédé convenable, détruire à l'air libre la plombagine qui eſt inhérente au fer (V), il n'eſt pas ſi facile de concevoir comment

---

de l'affinage, doit être attribué à la préſence ſeule de la plombagine.

Je ſuis bien perſuadé que le déchet qu'éprouve la fonte à l'affinage, lequel va quelquefois à $\frac{6}{10}$, ne doit pas être attribué totalement à la quantité de matières étrangères départies par l'affinage; puiſque je ſais que l'on peut convertir de la fonte en fer avec un $\frac{1}{6}$ de déchet par un procédé, tandis que par un autre il y en a $\frac{1}{3}$ en employant les mêmes fontes, les mêmes charbons & les mêmes ouvriers, que d'ailleurs les laitiers d'affinerie contiennent ſouvent 30 liv. de fer par quintal.

Il eût été à deſirer que M. Bergman eût opéré à plus grandes doſes, & qu'il eût vu lui-même de près & de très-près les travaux en grand. Les produits ſont bien différens, lorſque l'on oprèe ſur des minicules, ou que l'on procède ſur des maſſes. Je l'ai éprouvé dernièrement.

Je faiſois l'eſſai docimaſtique de pluſieurs ſortes de mines, particulièrement d'une galène de plomb en octahèdre: ſur deux onces, je n'y trouvois que 65 liv. au quintal. Je répétai l'eſſai ſur 8 liv. réelles poids de marc, & j'obtins 70 liv. par quintal, du même minerai, avec les mêmes fondans & en mêmes proportions reſpectives.

(T) Je ne penſe pas que les molécules du fer puiſſent différer entre elles, lorſqu'elles ſont pures & de bon a loi; elles ſont unes comme le fer, mais leur titre peut varier par le mélange. Voyez mon Mémoire ſur l'unité du fer.

(V) Il eût été à deſirer que l'auteur eût indiqué le procédé

la fonte contenue dans un creuſet ſcellé hermétiquement, puiſſe en être dépouillé par la ſimple addition de chaux martiale. Il eſt néceſſaire de remarquer ici que pour que la chaux martiale puiſſe abſorber l'acide aérien, & pour que cela réuſſiſſe completement dans nos expériences, il faut que la chaux de fer touche intimement toutes les parties ferreuſes de la fonte de fer réduite en limaille. Alors, tant au moment de l'incandeſcence qu'à l'inſtant de la fuſion, la chaux martiale ſaiſit la partie aérienne de la plombagine; tandis que les molécules ferreuſes cherchent à ſe ſaturer du phlogiſtique qui étoit uni à ſon acide. C'eſt par cette double attraction que s'opère la décompoſition de la plombagine. Alors le fer s'enrichit de la ſubſtance inflammable; & s'il en reſte quelque portion au-de là de la ſaturation, le ſuperflu ſert à la réduction d'une partie de la chaux martiale. Mais pour mettre cette vérité dans toute ſon évidence, nous allons expoſer les problêmes les plus difficiles à réſoudre, que préſentent nos eſſais.

200 liv. de fonte de Leufſtad, avec 50 liv. de chaux martiale, ont donné 222 liv. de régule ductile N°. 93. Ces 200 liv. de fonte contiennnent 6,6 de plombagine (ſection VIII). (D, N°. 342), dont chaque liv. décompoſe parfaitement environ 5 liv. de nitre : or le fer de Leufſtad n'alkaliſe pas moitié de ce poids de nitre. Une partie de plombagine contient donc autant de phlogiſtique, que 10 parties de fer, & 6,6 de plombagine, autant que 66 de fer.

Au ſurplus, (ſection III. n°. 2), il eſt démontré

---

par lequel on peut détruire la plombagine inhérente au fer: à l'air libre, les ſurfaces du fer peuvent ſe décompoſer par le contact de l'air combiné avec tout ce qui s'y unit dans l'atmoſphère; mais il ne pénétre jamais dans l'intérieur des maſſes, ſans le ſecours d'un agent plus puiſſant.

par nos antécédentes expoſitions, qu'un quintal de fer de Leufſtad, contient 39,5 pouces cubes d'air inflammable, & que le régule ductile qui en eſt provenu a donné 51 pouces cubes d'air (ſection III. n°. 4) par quintal; ce qui démontre qu'il y a une différence en produit d'air inflammable entre la fonte & le fer, de 11 $\frac{5}{10}$ pouces cubes, & dans cette expérience 23 pouces cubes (X).

Voyons actuellement ſi la quantité de phlogiſtique contenue dans 6,6 liv. de plombagine, ſuffit pour opérer la réduction de 22 liv. de chaux martiale, en ſuppléant à la différence qui ſe trouve. Nous avons dit que 6 $\frac{6}{10}$ de plombagine pouvoit revivifier 66 liv. de chaux martiale. Si on diminue 22 de 66, reſte 44.

Auparavant nous avons démontré que dans un pouce cube d'air inflammable il réſidoit autant de

---

(X) Rien de plus ingénieux que le développement que l'auteur donne ici des expériences qu'il a faites pour découvrir la quantité de phlogiſtique qui eſt contenue dans le fer & dans la fonte. Mais comme il avance que la plombagine contient dix fois autant de phlogiſtique que le fer, & que la fonte de fer contient par quintal communément 3 $\frac{3}{10}$ liv. de plombagine, au lieu que le fer ductile n'en contient que $\frac{5}{10}$, ne pourroit-on pas inférer de-là, contre le ſentiment de l'auteur & contre le fait, que la fonte de fer contient plus de phlogiſtique que le fer, quoiqu'il paroiſſe le contraire par l'air inflammable produit de la diſſolution reſpective de la fonte & du fer? Mais le produit d'air inflammable en volume, ne peut, à ce que je penſe, donner une juſte meſure du phlogiſtique contenu dans les corps ſoumis à des diſſolutions. Tous les corps contiennent de l'air, & tous ne contiennent pas du phlogiſtique réducteur. L'air inflammable peut contenir ſous le même volume, plus ou moins de phlogiſtique. Auſſi voyons-nous que différens airs inflammables détonnent & brûlent plus ou moins, ſuivant que cet air eſt plus ou moins chargé de phlogiſtique. Celui tiré du fer forgé, contient par pouce cube autant de phlogiſtique, qu'il y en a dans deux grains ſuédois de fer, d'après les expériences de M. Bergman,

phlogiſtique qu'il y en a d'uni à 2 liv. de fer forgé (ſection IV. B). C'eſt pourquoi la quantité de phlogiſtique qui eſt contenue dans 44 liv. de fer, répond à 22 pouces cubes d'air inflammable. Il ne nous en manque donc qu'une pouce cube ; mais il faut obſerver que pour calciner une partie de fer il faut un peu moins de moitié de ſon poids de nitre. Nous croyons qu'il eſt difficile de s'attendre à une démonſtration plns complète.

Puiſque dans les expériences Nos. 90, 91 & 92, les parties de chaux martiale qui ont été réduites, ont été ſi foibles, il faut tirer des circonſtances ſans doute des inductions ſur le plus ou le moins de la matière inflammable qui a pu ſe diſſiper ſans produire d'effet.

Dans l'exploitation des mines de fer, même dans les eſſais docimaſtiques qui ſe font dans des creuſets dont les couvercles ſont ſcellés exactement, jamais la totalité des parties métalliques n'eſt réduite en métal, quoiqu'il y ait ſurabondance de phlogiſtique (A)

Nous traiterons ailleurs du mauvais fer, tant de celui caſſant à chaud, que de celui caſſant à froid.

(A) Dans les travaux en grand des fourneaux des forges, lorſque les opérations ſont bien conduites, il eſt très-ordinaire que le minerai lâche tout ce qu'il contient de métallique, à très-peu de choſe près, qui peut plutôt être détruit que reſté en arrière. Il n'en eſt pas de même dans les eſſais docimaſtiques. Le minerai ne reçoit qu'un feu ſecondaire ou intermédiaire. On eſt obligé de ſubſtituer le phlogiſtique par un corps interpoſé, de multiplier les fondans, ce qui met la portioncule de minerai & de métal en contact avec des ſurfaces immenſes qui tendent à diminuer le produit. D'ailleurs, ou la chaleur n'eſt pas aſſez puiſſante, ou elle eſt deſtructive par ſon volume & par ſon intenſité. Ces cauſes concourent à rendre les eſſais docimaſtiques très-incertains pour la réduction des mines, particulièrement de celles de fer.

Nous rapporterons alors les expériences que nous avons déja citées, & d'autres qui ſuivent & qui ont rapport à l'une & l'autre de ces eſpèces de fer. Nous ne nous occupons dans ce moment que du fer doux de bonne qualité.

Ayant examiné juſqu'ici le fer dans les deux extrêmes de ſa ſituation, nous éprouverons moins de difficultés en traitant l'acier qui eſt le fer dans ſon état mitoyen.

Nous connoiſſons déja l'acier par la voie de l'analyſe : quoique les procédés que l'on emploie dans la préparation diffèrent beaucoup entr'eux, ils doivent tous ſe réunir dans un point qui eſt de lier étroitement les molécules, & de les ſaturer d'une juſte doſe du principe inflammable & de plombagiue (ſection IX (B).

Pendant que l'on fond, que l'on chauffe & que l'on forge l'acier à pluſieurs repriſes dans le cours de ſa fabrication, il eſt facile de ſentir qu'il doit en réſulter les effets que nous cherchons à connoître. Car les maſſes d'acier étant plus petites, expoſées à une chaleur plus intenſe, & animées avec un vent plus actif que les maſſes de fer que l'on ſe propoſe ſeulement de rendre ductile, ſont conſéquemment plus expoſées à l'action de l'air (C).

(B) La plombagine n'eſt nullement néceſſaire à l'acier ; au contraire, elle ne peut concourir qu'à en déſunir l'étoffe & à la rendre cendreuſe.

(C) L'auteur, pour étayer ſon ſentiment ſur la formation de la plombagine, rappelle ici ſommairement ce qui ſe paſſe dans le travail de l'acier, & prétend que l'air extérieur & le vent du ſoufflet ayant plus d'action ſur l'acier en raiſon des ſurfaces, contribuent à former la plombagine, & à convertir le fer ou la fonte en acier. Mais voici des faits de pratique que je mets en oppoſition. Pour faire de l'acier, il ſuffit de donner à la fonte & au fer un degré violent de chaleur, & de les pri-

L'on ne doit point s'attendre à un changement auſſi parfait en opérant dans un creuſet clos ; cependant l'acier s'y forme même par la fuſion de la fonte de fer ſans aucune addition, (n°. 97), ou avec le

---

ver du contact de l'air & de celui des corps brûlans qui dans cet état fourniroient du phlogiſtique ; & pour y parvenir dans les aciéries, les catins ou creuſets des foyers ſont très-profonds ; on a ſoin que le bain de fonte ou de mazelle, ou enfin les lopins ſoient toujours couverts d'un laitier très-fluide & abondant, enſorte que l'acier qui ſe forme n'ait nul contact, ni avec l'air extérieur, ni avec le vent du ſoufflet, ni avec le charbon brûlant.

Le méchaniſme de la cémentation eſt fondé ſur le même principe. Le fer eſt encaiſſé dans de grands creuſets, il eſt entouré de poudre de charbon & autres ſubſtances analogues qui ne ſont point dans l'état brûlans, mais ſeulement en incnadeſcence, ſans ancuue communication avec l'air extérieur ; & quand par accident il ſe fait une ouverture au creuſet de cémentation pendant l'opération, alors la poudre de cémentation brûle, & le fer reſte fer dans cet endroit ; c'eſt ce que l'on appelle du fer éventé.

Si l'on expoſe à l'air libre un morceau d'acier chauffé ſuant, ſans être couvert d'un vernis d'herbus, de paille, d'acier ou de ſable fondus, il étincelle de toutes parts & ſe décompoſe. Voici un fait plus concluant encore. En 1778, travaillant en Dauphiné, je pris 18 liv. d'acier naturel forgé en barreau de 10 à 11 lignes, je le caſſai & le placai au milieu d'un tas de charbon expoſé au vent de la tuyère ; je lui donnai chaud aſſez de temps pour en faire un lopin relevé & avalé avec le ringard. Lorſque tous les morceaux furent réunis en une maſſe, je le fis corroyer & étirer ſous le martinet ; lorſqu'il fut froid je le fis caſſer & l'examinai. Il ployoit & étoit redevenu fer. A peine y avoit-il quelques veines légères d'acier ; tandis que dans le même foyer on faiſoit au deſſous au fond du creuſet, de l'acier qui n'avoit aucun contact avec l'air, ni atmoſphérique, ni du ſoufflet. S'il faut de l'air pour faire de la plombagine, il n'en faut point pour faire de l'acier &, pas plus de phlogiſtique, mais de la matière de la chaleur. Le verre en fournit beaucoup. Le verre & l'acier ſont deux ſubſtances très-analogues. Je developperai cette analogie dans un autre ouvrage.

ſeul

ſeul verre, (n°. 115). Si donc la ſimple fuſion eſt capable de détruire la plus grande partie de la plombagine, nous ne devons plus être étonnés que cette deſtruction s'opére par l'interméde de la terre calcaire, (nos. 116 & 117), ou avec la manganaiſe pulvériſée (n°. 113).

Mais il nous reſte ſur le ſurplus, la difficulté la moins aiſée à réſoudre, & qui s'apperçoit au premier coup d'œil. En cémentant du fer ductile avec de la poudre de charbon, on en obtient de l'acier, (n°. 107). Le même traité avec la plombagine, retourne en fer crud. Alors le principe générateur & celui qui a le plus d'affinité, ſe ſépare. C'eſt pourquoi nous croyons qu'il eſt important de détruire l'opinion preſque générale qui admet dans l'acier une plus grande quantité de phlogiſtique que dans le fer. L'analyſe nous a démontré clairement que l'acier contient très-peu de principe inflammable, (ſection IV. E); que le fer ductile n'admet qu'une minicule de plombagine dans ſa compoſition, que l'acier diſſous dans l'acide vitriolique laiſſe un réſidu inſoluble aſſez notable, (ſection VIII. D).

Examinons au ſurplus, ſi avec le phlogiſtique que l'on ajoute dans ces circonſtances, il ſe trouve lié avec une aſſez grande portion d'acide aérien qui puiſſe pendant la fuſion ſe combiner avec le fer & enlever la portion de phlogiſtique qu'il faut ſouſtraire, afin qu'il réſulte de la plombagine qui puiſſe minéraliſer le fer.

L'on peut faire de l'acier avec la fonte de fer & avec le fer forgé. Dans le premier cas, il faut détruire une portion de la plombagine pour que les molécules ferreuſes ſoient ſaturées ſuffiſamment de phlogiſtique. Dans le ſecond cas, il faut combiner le ſurplus du phlogiſtique avec l'acide aérien, aſſez exactement pour que ces mêmes particules ferreuſes en ſoient les plus pauvres poſſible. Ces points de ſaturation ſont ſi pré-

cis, que l'acier trempé, & le même recuit au feu, donnent l'un & l'autre la même quantité d'air inflammable, (nos. 12 & 13).

Il eſt certain que l'effet de la cémentation varie en raiſon de l'abondance ou de la diſette du phlogiſtique contenu dans le cément. Cependant l'expérience nous a appris que dans l'un & l'autre cas il y a une portion de principe inflammable qui ſe diſſipe : car de petits morceaux de fer ſoumis à nos expérienees & enveloppés de plombagine, (no. 133), ou de terre calcaire, ou enfin de manganaiſe, (nos. 134 & 135), ſe ſont également couverts d'un enduit très-foible il eſt vrai (Y). De-là nous ſommes en droit de con-

---

(Y) De ce que le fer cémenté avec la pierre calcaire, la plombagine & la manganaiſe, ait perdu une portion de ſon phlogiſtique au point de former une croûte extérieure fragile & en décompoſition, il ne faut pas conclure que le fer perde de ſon phlogiſtique pour être converti en acier par la cémentation, puiſque la pierre calcaire eſt une ſubſtance très-avide de la matière de la chaleur, & que l'on peut parvenir à décompoſer l'acier par la cémentation avec la pierre calcaire; & il eſt vraiſemblable que la plombagine & la manganaiſe employées pour cémenter le fer, produiſent le même effet. Mais il n'en eſt pas de même, ſi l'on emploie la poudre de charbon de bois, ou toute autre matière animale charbonneuſe. Le fer ne ſouffre aucune décompoſition extérieure; il ne perd rien, au contraire il acquiert un accroiſſement conſidérable de poids & de volume. L'accroiſſement du volume eſt d'$\frac{1}{114}$ & celui du poids eſt d'$\frac{1}{76}$ du total; & il ſeroit plus conſidérable ſi l'on y ajoutoit le poids de l'air qui forme les ampoules & celui de l'eau que le fer peut contenir & qui en ſont expulſés. Mais ces deux objets ne peuvent ſe calculer.

M. Bergman dans l'expérience 107, en cémentant le fer avec la poudre de charbon, a eu une diminution de près d'$\frac{1}{100}$. Mais c'eſt que ce fer avoit été traité auparavant avec la plombagine dont la poudre de charbon a détruit l'effet, & que les réſultats de la docimaſie ſur des minicules, ſont bien différens des travaux des arts qui travaillent ſur des maſſes de *60* à

clure que la poudre de charbon qui environne le fer ductile dans un vaſe clos & expoſé à un feu durable pouſſé preſqu'au degré de fuſion, peut fournir une quantité quelconque d'air qui, ſe combinant avec le ſurplus du phlogiſtique, forme de la plombagine qui s'unit à l'agrégation du fer, mais qui ne peut prévenir qu'imparfaitement une ſorte de deſſication ou de déphlogiſtication intérieure : d'où il réſulte que l'acier étant diſſous dans l'acide vitriolique, dépoſe des parties brûlées inacceſſibles à ce même acide, mais qui ſont ſolubles dans l'acide marin. N'eſt-ce pas la privation de ces parties brûlées ſéparées par la fuſion qui rend l'acier Anglois ſi ſupérieur, ſans avoir égard au caractère particulier de l'acier ? Il eſt donc évident qu'il faut que le fer perde une portion de ſon phlogiſtiqeue, avant d'être converti en acier (Z).

---

80 milliers réels dans une ſeule opération. L'augmentation du poids & du volume de fer converti en acier par la cémentation compoſée de matières charbonneuſes, procède néceſſairement d'une ſubſtance introduite. Je ſuis bien perſuadé que ce n'eſt pas du phlogiſtique, puiſque pour que le charbon tranſmette ſon phlogiſtiqne à un métal quelconque avec lequel il eſt en contact, il faut que ce charbon ſe décompoſe : or la poudre de charbon ne paroît ſubir aucune décompoſition. Le charbon ne peut brûler, ſi le phlogiſtique qu'il contien ne ſe combine avec l'air. La même poudre de charbon ſert pluſieurs fois ſucceſſivement à l'opération. C'eſt donc une autre ſubſtance non-ſeulement qui produit le volume & le poids additionnels, & qui change l'organiſation du fer & le décompoſe en acier. Elle ne peut procéder que de la matière de la chaleur, du feu fixe qui n'eſt point du phlogiſtique, lequel n'agit que ſur les ſurfaces, au lieu que le principe de la chaleur pénètre intimement les corps les plus denſes, comme la lumière pénètre les corps diaphanes. Il faut donc chercher d'autres cauſes que la plombagine introduite dans le fer pour en former l'acier.

(Z) L'acier fondu d'Angleterre n'eſt point ſupérieur à l'acier corroyé. Quant à la pâte, elle eſt dans l'un & dans l'autre de la même qualité. Mais l'étoffe de l'acier fondu eſt beau-

Le fer cémenté avec la plombagine, conſerve ſa ductilité (n°. 133). Lorſqu'il l'eſt avec la terre calcaire, il

---

coup plus parfaite que celle de l'acier corroyé, parce que la fuſion ſépare tous les corps hétérogènes qui forment dans l'acier corroyé une ſolution de continuité.

Ces matières procèdent de l'affinage primitif du fer. La cémentation ne peut les en ſéparer, ni détruire les pailles, les travers, les gercures ni les cendrures, & ce ſont en plus grande partie ces cendrures qui ſe dépoſent dans l'acide vitriolique.

Il ne paroît pas que le fer dans la cémentation puiſſe perdre de ſon phlogiſtique pour paſſer à l'état d'acier, puiſqu'il eſt privé du contact de l'air ſans lequel il n'y a point de déphlogiſtication, ſi ce n'eſt dans les acides. L'acier n'eſt point en contact avec des ſubſtances qui en ſont privées & avides: au contraire, il eſt entouré de matières charboneuſes qui en ſont douées d'une grande doſe, & qui ne le perdent pas, puiſqu'elles ne ſont point dans un état brûlant, mais ſeulement incandeſcent. L'on ſait que le charbon peut être tenu très-long-temps incandeſcent dans un vaiſſeau clos, ſans qu'il ſe décompoſe; enfin, qu'il eſt ardent, ſans qu'il perde ſon phlogiſtique. Le fer en paſſant à l'état d'acier, ne perd ni n'acquiert de phlogiſtique. Il y a donc lieu de penſer que c'eſt uniquement le principe du feu, la matière de la chaleur qui ſe combine avec les parties conſtitutives du fer pour en former l'acier; de même que c'eſt cette matière qui eſt la baſe de la compoſition du verre, & le verre & l'acier ont beaucoup d'analogie. L'acier n'eſt donc que du fer ſuper-ſaturé du principe de la chaleur qui n'eſt pas du phlogiſtique, car ce dernier eſt un compoſé d'air & de feu diſſous l'un par l'autre, lequel peut s'unir à l'air atmoſphérique, à l'air principe & à l'eau.

Voici un fait qui pourra jeter du jour ſur cette matière. Si l'on prend une barre de fer, qu'on la coupe en deux parties, que l'on en laiſſe une dans ſon état naturel, & que l'on faſſe ſubir à l'autre la cémentation ſeulement ſans la corroyer ni la tremper, c'eſt-à-dire en état d'acier-poule; que l'on caſſe enſuite ces deux parties, chacune en deux autres, & que l'on frotte l'une contre l'autre par les angles, celles de même état, fer contre fer, acier contre acier, l'on verra, ſur-tout dans l'obſcurité, ſortir des traînées de feu étincelant très-conſidérables de l'acier, & aucunes du fer, quoiqu'ils ne ſoient guères plus durs l'un que l'autre. Ce qui prouve l'abondance de la matière du feu dans l'acier & peu dans le fer.

acquiert dans ſon intérieur la nature d'acier (n°.134). Ces deux faits nous déſignent ſuffiſamment que pour former de la plombagine, il n'eſt pas néceſſaire qu'il vienne de l'extérieur des parties inflammables; mais la portion ſuperflue qui réſide dans le fer ductile, ſe combine avec l'acide aérien pour engendrer la plombagine, & ce, dans un cément dans lequel on n'a point encore trouvé de cet acide combiné. En fondant du fer crud avec de la plombagine, il en réſulte un régule qui eſt très-proche de l'état de l'acier, (n°. 106). Ce qui arrive à peine par la voie de la cémentation, à moins qu'il ne ſoit néceſſaire d'une incandeſcence plus prolongée qu'elle ne l'a été dans nos expériences.

La nature d'acier qui ne s'eſt montrée que dans le milieu des morceaux de fer cémenté, exige une double explication : ou la cémentation a commencé par le centre en ſe portant par gradation au dehors, & alors elle n'étoit pas parvenue juſqu'aux parties extérieures ; ou, & ce qui eſt vraiſemblable, le morceau a été d'abord totalement converti en acier, & enſuite la croûte étant formée, le fer a commencé par le dehors à récupérer ſa ductilité (A).

(A) Il ſeroit bien étonnant, ſi la plombagine eſt le principe aciérant du fer, que le fer de Leufſtad cémenté avec cette matière, expér. 133, n'ait pas acquis la propriété de l'acier. Il faut donc que la plombagine ſoit plutôt comme la terre calcaire, une ſubſtance abſorbante de ce principe aciérant; & en effet, M. Bergman nous démontre que la fonte de fer étant refondue dans des vaiſſeaux clos, acquiert par cette refonte la qualité d'acier; ainſi, ce n'eſt point à la plombagine que le régule de l'expérience 106 doit la propriété d'acier qu'il a montrée; c'eſt au contraire à la plombagine & à la terre calcaire qu'eſt due la converſion en fer des parties extérieures des fers cémentés & qui avoient commencé par être totalement convertis en acier pendant les premières heures de l'opération :

Il eſt hors de doute que nos expériences par la cémentation, auroient répandu un bien plus grand jour ſur l'objet de nos recherches, s'il nous eût été poſſible de nous procurer une chaleur beaucoup plus continuée, & des vaiſſeaux clos plus exactement.

SECTION VII.

De la quantité de la matière de la chaleur contenue dans le fer.

L'ON ne peut guères douter que la chaleur & les phénomènes qu'elle préſente n'aient pour principe une matière particulière ; du moins il eſt très-difficile, en prenant la chaleur pour l'effet du mouvement inteſtin des parties conſtitutives des corps qui la renferment, d'expliquer comment un grand incendie peut devoir ſon origine à une foible étincelle, ce qui n'eſt pas rare.

L'expérience nous apprend tous les jours que la communication du mouvement en diminuant fait des progrès ; le feu au contraire, abandonné à lui-même, en s'accroiſſant, ſe propage autant qu'il n'a pas beſoin d'aliment convenable, (A).

L'on trouve ſans doute une différence de mouvement entre une première étincelle & une maiſon, ou

---

mais pendant la ſuite de l'opération, à meſure que la chaleur a dénaturé & la plombagine & la pierre calcaire, ces ſubſtances ont abſorbé le principe aciérant, & ont fait paſſer l'acier à l'état de fer en agiſſant de la circonférence au centre.

(A) Je penſe que l'auteur auroit dû développer un peu plus ces deux propoſitions contraires du mouvement & du feu, qui ne paroitront pas claires ni convaincantes à pluſieurs des lecteurs.

une ville embrâſée ; c'eſt pourquoi, l'effet eſt auſſi ſurprenant qu'il ſurpaſſe cette cauſe. Nous ſupprimons d'autres argumens, parce que ce n'eſt pas ici le lieu de donner une démonſtration complète de notre ſentiment.

Nous penſons de même qu'il y a dans quelque eſpèce de ſubſtance que ce ſoit, plus ou moins de la matière de la chaleur qui eſt étroitement retenue par la force de l'attraction, de façon que tant qu'elle reſte dans cet état de captivité, elle n'a pas la faculté d'échauffer ; mais lorſque quelque cauſe rompt ſes entraves, elle recouvre ſur le champ & exerce ſa faculté, preſque de la même manière qu'un acide qui n'eſt pas ſenſible dans les ſels neutres parfaits, ſe fait ſentir avec énergie lorſqu'il eſt libre.

La quantité de cette matière de la chaleur, offre des diverſités très-remarquables, qui font varier l'état de pluſieurs corps, au point que le même qui eſt ſolide actuellement, deviendra liquide dans un autre moment ; qu'il peut même acquérir la fluidité (*).

Les phénomènes qui ont accompagné nos expériences, prouvent que dans quelque état que ſoient les corps, ils doivent être doués d'une abondance déterminée & reſpective de cette matière, ſoit que l'on ait égard à la mobilité mutuelle de leurs molécules, ſoit à la qualité qui les rend diſſemblables ; l'on doit entendre par cette abondance, la chaleur ſpécifique. Car en effet, elle accompagne toujours le caractère de tel corps que ce ſoit. Mais la grande difficulté eſt de pouvoir la déterminer.

Nous connoiſſons les excellentes expériences qui ont été faites à ce ſujet de notre temps ; mais nous

(*) Les anciens ont obſervé, & les modernes ont négligé la différence qui diſtingue le liquide qui conſerve ſon niveau, du fluide ; tel la fumée & les vapeurs que l'on ne peut contenir.

avouons ingénument que les méthodes propoſées pour y parvenir, non-ſeulement nous ont paru incertaines, mais même fauſſes, (ſi nous ne nous trompons pas). Nous pourrons dans d'autres momens nous occuper de leur diſcuſſion.

Pendant que nos expériences fondamentales faiſoient des progrès vers leur perfection, & que les diſſolutions ſe complétoient, afin de connoître ſi le fer en état de fonte d'acier, ou de fer battu, contenoit la même portion de chaleur ſpécifique, nous avons examiné avec attention, par le thermomètre, le degré de chaleur qui naît des diſſolutions du métal reſté un jour complet avec le diſſolvant dans le même degré de température. Nous n'admettons pas ce moyen ni comme ſûr, ni facile; mais nous avons été obligé de l'adopter, faute de meilleur. Voici l'eſquiſſe de ce qui s'eſt paſſé, tel que nous le concevons.

Le diſſolvant écarte l'aſſemblage de l'aggrégation des molécules; il ſe forme alors d'autres unions. Si la chaleur des nouveaux compoſés eſt plus forte que celle des corps déſunis, néceſſairement le terme de la chaleur diminue dans les parties voiſines; alors le thermomètre reſte ſtationnaire. Si le degré de chaleur eſt moindre au contraire, il ne ſubſiſte plus de différence, & les parties voiſines s'échauffent, d'où il réſulte l'aſcenſion du thermomètre; ſi enfin les nouveaux compoſés n'exigent préciſement que le même degré de chaleur, ce qui arrive très-rarement, alors le thermomètre n'éprouve aucune variation. Une juſte doſe ou approchante de la matière de la chaleur, s'attache aux plus petites molécules d'un corps, comme nous l'avons dit, juſqu'à ce qu'une attraction plus forte déſuniſſe cette aggrégation.

Si l'on conſidère que tous les corps ſont perméables à la chalenr, & avec le célèbre Neuton, que moitié au moins du volume de l'or le plus peſant des

métaux, eſt composé de pores inviſibles, que l'interpoſition de ce métal ne dérange aucunement l'écoulement du magnétiſme. On ne trouvera rien de diſcordant dans l'admiſſion de pareils écoulemens atmoſphériques des molécules primitives, même dans l'état de ſolidité des corps. Ces mêmes molécules ſéparées l'une de l'autre par une abondance ſuffiſante de chaleur, s'accroiſſant à l'entour par l'effet de l'augmentation du contact, elles entaſſent une plus grande quantité de la matière de la chaleur, leur mobilité augmente, elle procure alors la liquidité; & lorſqu'elles ſont pénétrées encore d'une plus grande portion de chaleur, il en réſulte enfin une fluidité vaporeuſe.

Il paroît évident par ce qui vient d'être dit, que la différence de la quantité de la matière de la chaleur peut être reconnue par la marche du thermomètre, ayant égard à la température du lieu. Cette chaleur ſuivant les circonſtances, & par l'effet du diſſolvant, peut être retenue ou miſe en liberté, & on peut le remarquer d'autant plus exactement, que la diſſolution s'opérera plus promptement ſans le ſecours d'une chaleur étrangère; & quand même l'accroiſſement ou le decroiſſement ne s'opéreroit que très-lentement, il eſt cependant poſſible que cette chaleur ſoit réabſorbée ou diſſipée, ſans que l'on obſerve une variation notable dans le thermomètre.

Qu'il me ſoit permis de rendre ceci plus clair par un exemple que j'ai déja propoſé & expliqué dans un autre ouvrage (*).

Si l'on jette un ſel neutre quelconque pulvériſé dans l'eau, & que l'on place ſous la ſolution le globe d'un thermomètre; on verra deſcendre la colonne de mercure, parce que le premier état de la liquidité exige plus de chaleur, qu'elle n'a perdu de ſolidité.

(*) Opuſcules de M. Bergman, Vol. 1. Pag. 234, 236.

Les petites molécules ſéparées l'une de l'autre, augmentent leurs forces attractives en raiſon de leur bien plus grandes ſurfaces. L'on apperçoit également que lorſqu'une grande maſſe de criſtaux ſe condenſe, les ſurfaces ſe contractent, le contact diminue, & conſéquemment la puiſſance attractive, d'où il arrive que la matière de la chaleur étant ſéparée, le mercure du thermomètre monte plus ou moins. Il y a cependant de la différence dans la gradation du thermomètre, ſuivant la diverſité du caractère des ſels; & ſouvent on ne peut l'obſerver, ſi ce n'eſt dans des circonſtances favorables.

Mais paſſons aux expériences qui doivent ſervir à éclairer notre propoſition.

(B) Dans toutes nos expériences nous avons employé le même poids, tant du diſſolvant que du corps à diſſoudre, & nous les avons laiſſés enſemble avec l'appareil des vaiſſeaux pendant un jour complet. Lorſque le fer pulvériſé ou limé étoit placé, l'on verſoit l'acide, & l'on plongeoit le globe du thermomètre, marquant avec un ſoin ſcrupuleux l'aſcenſion du thermomètre; en même temps l'on examinoit & l'on tenoit note de la température du lieu marqué par un autre thermomètre. L'acide vitriolique agiſſoit avec tant de lenteur, lorſqu'il n'étoit aidé par aucune chaleur extérieure, qu'à peine a-t-il atteint un ou deux degrés. L'acide marin a donné des ſignes d'une chaleus un peu plus forte, mais nullement ſuffiſante; mais l'acide nitreux a produit des effets remarquables, ſoulevant la liqueur avec effervecence (A).

(A) Le fer ſe diſſout totalement dans les trois acides minéraux, dans des périodes de temps différentes, & les précipités que l'on en obtient, ſont également des chaux dépouillées du phlogiſtique réducteur. Si l'acide nitreux produit une plus grande chaleur, c'eſt qu'il eſt plus avide du phlogiſtique du

Afin de diſtinguer les degrés de la forte intumeſcence d'une manière fixe, nous déſignons par 4 la plus forte élévation juſqu'au bord ſupérieur du vaſe : par 3 celle qui eſt montée aux trois-quarts ; par 2 celle qui eſt à moitié ; enfin par 1 celle qui n'eſt parvenue qu'au tiers du vaſe. Le mélange occupoit environ le quart de la capacité dn vaiſſeau.

Nous nous ſommes ſervi du même acide nitreux que nous avons employé (ſection III. D). Mais ſeulement moitié de la meſure, parce que nous n'employons qu'un demi-quintal de fer ; car une double quantité excitant une double chaleur, il eût fallu une échelle de graduation bien plus étendue.

La table ſuivante n'indique que les effets de l'acide nitreux.

La 1re. colonne marque la température du laboratoire.

La 2e. le plus haut degré de chaleur.

La 3e. la différence qu'il y a entre ces deux termes.

La 4e. la plus forte élévation de l'intumeſcence de la liqueur (B).

---

fer, & ſon action rapide occaſionne une chaleur très-forte, & infiniment plus ſenſible que celle occaſionnée par l'acide vitriolique & l'acide marin. Mais ce degré de chaleur produite par la diſſolution, doit-elle être la meſure de la matière de la chaleur inhérente au fer? Je penſe que ces expériences ſont inſuffiſantes pour le démontrer ; mais elles peuvent donner des degrés de comparaiſon entre les divers états du fer, ce qui eſt très-intéreſſant à connoître.

(B) Les + de ce tableau marquent, ſuivant l'uſage ſuivi en Suède, les degrés aſcendans au deſſus du terme o du thermomètre dont la graduation eſt déterminée par 100 ; au lieu que le thermomètre de Reaumur, d'un uſage plus général en France, eſt gradué par 80, depuis o, le terme de la glace, juſqu'à celui de l'eau bouillante. Dans l'appendix j'ai réduit la gradation de la chaleur ſuivant le thermomètre de Reaumur dans la proportion, comme 80 :: 100.

N°s. des Expérienc	Sortes de Fer.	Température du Laboratoire.	Chaleur. Degrés aſcendans.	Différence.	Intumeſcence.
144.	Fer crud de Leufſtad, ſurchargé de phlogiſtique.	+ 11	+ 37.	26	2
145.	Lemême.	+ 2	+ 28.	26	2
146.	Fer crud de Leufſtad, doué d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique.	+ 11	+ 21.	10	1
147.	Le même	+ 5	+ 15.	10	1
148.	Fer forgé de Leufſtad	+ 11	+ 72.	61	4
149.	Fer forgé d'Oſterby	+ 11	+ 79.	68	4
150.	Acier d'Oſterby.	+ 13	+ 63.	50	4
151.	Fer crud de Forſmark	+ 14	+ 24.	10	1
152.	Fer forgé de Forſmark	+ 14	+ 81.	67	4
153.	Acier de Forſmark.	+ 14	+ 60.	46	4
154.	Fonte de Brattfors	+ 14	+ 33.	19	2
155.	Fer battu de Brattfors.	+ 14	+ 75.	61	4
156.	Acier Anglois dont il a été déja beaucoup queſtion.	+ 13	+ 70.	57	4
157.	Acier prépa. par M. Quiſt.	+ 13	+ 65.	52	4
158.	Fonte d'Hallefors, ſurchargée de phlogiſtique.	+ 13	+ 39.	26	3
159.	Fonte d'Hallefors pauvre en phlogiſtique	+ 13	+ 30.	17	2
160.	Acier fait avec le fer de Dalie, chargé de manganaiſe	+ 14	+ 56.	42	4
261.	Fer forgé de Norrberk, caſſant à chaud	+ 14	+ 79.	65	4
162.	Fer battu de Grangen, caſſant à froid	+ 14	+ 81.	67	4
163.	Du même, 25 liv. docimaſtiques	+ 14	+ 48.	34	4
164.	Fonte d'Huſaby	+ 13	+ 34.	21	2
165.	Fer forgé avec la même fonte de Braas, caſſant à froid	+ 15	+ 77.	62	4
166.	Le même fondu dans un creuſet avec moitié de ſon poids de chaux, exp. N°. 122.	+ 12	+ 85.	73	4

N^os. des Expériences	Sortes de Fer.	Température du Laboratoire.	Chaleur. Degrés aſcendans.	Différence.	Intumeſcence
167.	Le même rendu ductile en le fondant avec la terre calcaire	+..15.	+..77.	..62..	...4...
168.	Acier fait avec le fer caſſant à froid de Braas..	+..13.	+..50.	..37..	...2...
169.	Acier fait avec le verre, N°. 115	+..13.	+..66.	..53..	...4...
170.	Acier formé par la ſeule fuſion, N°. 97	+..13.	+..56.	..43..	...3...
171.	Æthiops martial totalement attirable, acheté dans une pharmacie	+..14.	+14,5	..0,5.	...0..,
172.	Craie calcaire, exactement lavée & ſéchée, 50 liv.	+..14	+..20.	....6..	...2...
173.	La même calcinée complétement non éteinte, 50 liv.	+..14	+..84.	..70..	....

(G) Si l'on fait attention aux différens phénomènes que préſentent les expériences que nous venons de citer, on verra clairement que chaque état de fer eſt circonſcrit, reſpectivement à la chaleur élémentaire qu'il renferme ; enſorte que le fer crud a donné 10 degrés de chaleur au plus bas terme, & 26 au plus haut. Parmi ſept variétés de fonte, celles qui étoient pauvres en phlogiſtique ſe ſont réunies vers le plus bas terme, celles qui étoient riches en principe inflammable, & celles qui donnent des fers caſſans à froid, ſe ſont approchées du terme le plus élevé.

Six genres d'acier ont produit une plus forte chaleur, dont le moindre degré a été 37, & le plus haut n'a pas ſurpaſſé 57.

Cette table contient neuf eſſais faits avec le fer battu qui ſe renferme dans un cercle de variations,

bien plus concentré que les deux ſortes précédentes, quoique les eſpèces en ſoient plus nombreuſes ; mais en général le degré de chaleur n'a pas été au deſſous de 61, & ne s'eſt pas élevé au deſſus de 68.

Le fer natif de Sibérie a donné une diſſolution ſi indolente, qu'elle n'a pu produire preſque aucune chaleur. Ce fer eſt d'un caractère ſi mauvais, qu'il n'annonce pas lui-même la chaleur qu'il renferme, (A).

Au ſurplus, toutes choſes égales, nous voyons que le double du poids du fer produit une chaleur double, n°s. 162 & 163 (B). Qu'une ſeconde chaleur n'occaſionne pas un plus grand degré de chaleur, qu'elle reſte la même & qu'elle eſt égale à celle que l'état du métal produit ordinairement, (expér. 156, 157, 169 & 170), que le fer caſſant à froid s'écarte un peu des limites, (expér. 166).

Il eſt important cependant de remarquer que le même degré de chaleur ſe manifeſte, quoique la température du lieu où ſe font les expériences varie, (n°s. 144 & 147).

(A) Le fer de Sibérie donne ſi peu de chaleur, que M. Bergman ne l'a pas placé dans ſon Tableau en comparaiſon avec les fontes, aciers & fers. L'obſervation de cet auteur me confirme dans ce que j'ai dit de ce prétendu fer natif, dans mes Mémoires de Phyſique ſur le fer, & ailleurs.

(B) Cette propoſition ne peut s'étendre à des maſſes conſidérables, parce qu'alors, d'après ce principe, la chaleur monteroit au degré de la fuſion, ce qui n'eſt pas vraiſemblable, & ce qui ne peut arriver dans les fluides humides ; même l'état du fer ſoumis à la diſſolution, peut contribuer à l'intenſité de la chaleur ; car un morceau de fer du poids de 100 grains, n'occaſionnera pas autant de chaleur dans ſa diſſolution, que le même poids du même fer réduit en limaille, parce que la limaille préſente plus de ſurface au diſſolvant, & l'action du dernier eſt alors ſimultanée, plus vive & plus conſidérable.

Or, comme dans nos expériences il n'y a eu d'autre variété que celle du caractère du fer, nous devons conclure que toutes les différences que nous avons obſervées, en procèdent. Les deux dernières expériences faites avec la terre calcaire, n°s 172 & 173, ſont ſeulement des points de comparaiſon ſimplement ajoutés (*).

SECTION VIII.

Des Matières hétérogènes inhérentes au fer.

IL eſt néceſſaire de rechercher & d'examiner les principales ſubſtances hétérogènes qui accompagnent ſouvent notre métal, ou que l'on prétend qui lui ſont unies, leſquelles ne ſont point du nombre de ſes parties conſtitutives, quoiqu'elles puiſſent influer ſur ſes propriétés particulières.

Telles ſont la manganaiſe, l'arſenic, le zinc, la plombagine, l'acide du ſoufre. Nous examinerons ces ſubſtances, chacune ſéparément.

(A) Pour diſtinguer plus facilement la manganaiſe, s'il y en a, nous avons employé le moyen que nous avons déja communiqué ailleurs depuis long-temps, (*), (B). Nous n'en avons point trouvé juſqu'alors de plus certain.

(*) Dans la Page XII. de l'introduction du 1er. Volume de mes Opuſcules, il s'eſt gliſſé une erreur qui procède de la trop foible portion employée, & d'un thermomètre trop peu ſenſible.

(*) Opuſcules, Vol. II. Pag. 225.

(B) Je reſtitue ici le paſſage indiqué par M. Bergman.

« Prenez un poids donné de fer que vous ſoupçonnez contenir de la manganaïſe, diſſolvez-le avec excès d'acide nitreux,

L'on met dans un creuſet expoſé au feu, un peu de mine de fer, ou des parcelles de ce métal; lorſque le creuſet eſt bien blanc de chaleur, on ajoute le quintuple du poids de nitre purifié: la détonnation étant finie, le creuſet retiré & refroidi, l'on apperçoit ſouvent au bord ſupérieur du creuſet une pellicule verte ou de couleur bleu-verdâtre; ces couleurs annoncent

---

» faites évaporer juſqu'à ſiccité, même juſqu'à incandeſcence. » Peſez le réſidu, délayez-le enſuite dans de nouvel acide nitreux, & ajoutez-y un petit morceau de ſucre. Si le fer contient de la manganaiſe, vous le reconnoîtrez en quelques heures, en ſaturant l'acide avec de l'alkali fixe aéré; vous obtiendrez une chaux blanche que vous ſéparerez facilement, & c'eſt tout ce qui eſt contenu dans le fer diſſous. Décantez la liqueur privée de manganaiſe, faites-la évaporer à ſiccité & même juſqu'à faire rougir le réſidu, conſtatez-en le poids, la différence de peſanteur du réſidu exprimera la quantité de manganaiſe calcinée. Ces réſultats étant connus, il vous ſera facile de déterminer la partie du poids de la maſſe réguline calcinée qui répond à celui de la manganaiſe, puiſque cette maſſe augmente de $\frac{32}{100}$ par la calcination. Connoiſſant le poids de la chaux blanche obtenue par l'intermède de l'alkali aéré, il vous ſera facile de fixer le poids du régule de manganaiſe qu'elle contient, puiſqu'il eſt prouvé par l'expérience que 180 parties de cette chaux blanche, repréſentent 100 parties de manganaiſe.«

J'obſerve que cette chaux blanche obtenue d'une diſſolution de la première chaux du fer, par l'acide nitreux, donne du bleu de Pruſſe, lorſqu'on la traite avec l'alkali phlogiſtiqué; ce qui dénote qu'elle contient quelque portion de fer entraîné par l'acide nitreux. Il ſeroit donc préférable de traiter cette première chaux avec l'acide du vinaigre qui diſſout la chaux de manganaiſe, & agit bien plus inſenſiblement ſur celle du fer que l'acide nitreux; ce dont M. Bergman convient, page 86 de cette diſſertation.

Au ſurplus, je dois prévenir qu'il eſt bien à craindre que cette manière de procéder n'altère l'eſſence des choſes, & conſéquemment que les réſultats de ces ſortes d'expériences ne produiſent que des probabilités encore bien éloignées de la conviction.

annoncent qu'il y a de la manganaiſe. Si les apparences ſont foibles, ajoutez-y une autre doſe de nitre égale à la première, par ce moyen vous en découvrirez le plus foible atome.

Il faut éloigner avec ſoin toute communication avec la poudre de charbon & les cendres.

Voici les motifs qui déterminent cette manière de procéder. La manganaiſe calcinée & fondue avec du nitre, donne une couleur bleue; mais lorſqu'il y a du fer uni, le bleu dégénère en vert dont l'intenſité eſt en raiſon de la quantité de la chaux de fer (*) (B).

Nous avons ſoumis à de nouveaux eſſais les différentes variétés éprouvées juſqu'alors, & quoique nous n'y ayons employé que trois liv. docimaſtiques

---

(*) Opuſcules, Vol. II. pag. 220.

(B) Dans les fourneaux des fonderies des forges, les laitiers vitreux qui ſurnagent la fonte de fer & qui s'écoulent ſpontanément des fourneaux ſur la dame, ont des couleurs différentes qui procèdent non-ſeulement du caractère des minerais ou des matières étrangères qui leur ſont unies, mais encore que le degré de fuſibilité & de combinaiſon du minerai & du charbon font varier. Dans certaines provinces de France, ces laitiers ſont généralement verts, dans d'autres bleus, dans d'autres lilas, ametiſtes; preſque tous ceux des mines d'alluvion ſont d'une couleur verte plus ou moins intenſe, lorſque l'on fait de la fonte blanche ou mêlée. Cette couleur verte ſe détruit & paſſe à l'ametiſte, lorſque l'on fait de la fonte griſe, parce qu'alors la proportion du minerai eſt moindre relativement à la quantité du charbon, qu'en conſéquence la maſſe de chaleur eſt ſupérieure, & que la fuſion eſt plus complète. Ce même laitier eſt noir lorſque l'on fait de la mauvaiſe fonte, & qu'une portion de minerai fondu paſſe dans le laitier ſans être métalliſé. Si M. Bergman eût pouſſé la fuſion dans les eſſais long-temps après l'effervefcence qui ſoulève les ſcories, il eût ſans doute obtenu la couleur ametiſte, couleur que les verriers blanchiſſent avec la manganaiſe qui eſt leur *ſavon*. Nous obſervons encore que les alkalis purs fixès donnent des couleurs tantôt vertes & tantôt bleues.

de chacune, cependant les ſuccès que nous en avons obtenus, prouveront combien cette voie de procéder eſt excellente & démonſtrative.

Afin d'éviter des deſcriptions prolixes, nous prenons pour premier objet de comparaiſon le fer d'Eiſenert, lequel nous avons trouvé contenir $\frac{30}{100}$ de manganaiſe par le même procédé décrit ailleurs (**).

174[e]. EXP. Après la première détonnation avec le ſalpêtre, le fer d'Eiſenert avoit enduit tout le creuſet d'une pellicule de couleur verte intenſe.

Dans la ſeconde détonnation, à peine cette couleur a-t-elle changé, ſi ce n'eſt qu'elle eſt devenue plus foncée (C).

175[e]. EXP. Le fer crud de Leufſtad ſurchargé de phlogiſtique, après la première détonnation, n'a donné qu'un foible indice de couleur verte; mais après la ſeconde, la couleur s'eſt manifeſtée & même fortement développée.

(**) Opuſcules Vol. II. Pag. 228.

(C) M. Bergman n'a point mis dans cet ouvrage le fer d'Eiſenert dont il parle, en comparaiſon avec les autres fortes dans les diſſolutions, pour connoître la quantité inflammable qu'il contient. Si cet auteur n'étoit auſſi digne de foi, on pourroit ſuſpecter le produit de l'expérience qu'il cite, par laquelle il dit avoir démontré que le fer d'Eiſenert contient $\frac{30}{110}$ de manganaiſe. Comment un métal combiné de près d'un tiers de ſubſtance étrangére ſi peu ſuſceptible de paſſer à l'état métallique, tel que la manganaiſe, peut-il être ſuſceptible lui-même des caractères de la métallité? L'on tire, il eſt vrai, un régule de la manganaiſe, mais ce n'eſt point un métal ductile.

J'ai traduit *Ferrum Eiſenerthenſe*, fer d'Eiſenert, dans l'acception que M. Bergman a paru le prendre, quoique cet adjectif ſemble annoncer ſeulement une mine, une glebe de fer. *Eiſen*, fer *Erthz*, mine, glebe, terre, comme on dit *Eiſenſtein*, pierre de fer qui porte le nom d'Eiſenert, comme il y a *Inſulæ ferri* îsles de fer, *Argentoratum*, ville d'argent, Strasbourg, Argentière, &c. Je n'ai pas eu d'occaſion de me procurer des éclairciſſemens ſur ce mot, qui eſt ſans doute celui d'une forge.

176e. EXP. La fonte de Leuffſtad douée d'une quantité ſuffiſante de phlogiſtique, n'a donné d'abord aucun ſigne ſenſible de couleur verte ; mais après la ſeconde projection de nitre, l'on a apperçu une légère couleur bleue-verdâtre.

177e. EXP. Le fer battu de Leuffſtad a donné les mêmes réſultats que dans la précédente expérience.

178e. EXP. Le fer crud d'Akerby a verdi lui-même à la première projection : à peine cette couleur ſe faiſoit-elle appercevoir aux parois du creuſet ; mais à la ſeconde projection, tout l'intérieur du creuſet étoit teint d'une couleur bleue.

179e. EXP. Le fer battu d'Akerby, dès la première projection, a verdi, ainſi que les ſurfaces du creuſet.

180e. EXP. La fonte d'Hallefors, de même a coloré en vert les parois du creuſet.

181e. EXP. Le fer battu d'Hallefors, n'a produit d'abord aucun veſtige de manganaiſe, enſuite il s'eſt comporté comme le précédent.

182e. EXP. Le fer battu d'Oſterby, a donné les mêmes réſultats que la fonte d'Akerby.

183e. EXP. L'acier d'Oſterby a produit les mêmes effets.

184e. EXP. Le fer crud de Forſmark, a montré après la première projection une couleur verte diſtincte, qui a un peu augmenté à la ſeconde.

185e. EXP. Le fer forgé de Forſmark, s'eſt montré de même.

186e. EXP. L'acier de Forſmark, a donné une couleur plus foible.

187e. EXP. La fonte de Brattefors, de même que celle de Forſmark.

188e. EXP. Le fer battu de Brattefors, comme celui d'Hallefors.

189e. EXP. La fonte d'Hallefors ſurchargée de

phlogiſtique, n'a d'abord donné aucun indice de couleur verte, mais enſuite une très-diſtincte.

190e. EXP. La fonte d'Hallefors pauvre en phlogiſtique, a donné les mêmes réſultats.

191e. EXP. Le fer natif de Sibérie, à la première détonnation, n'a montré que quelques apparences de vert; mais à la ſeconde, il s'en eſt développé une très-belle.

192e. EXP. Le fer de Norrberk caſſant à froid, n'a pas verdi d'abord, mais enſuite très-diſtinctement.

193e. EXP. L'acier d'Angleterre a verdi à la première projection, les côtés du creuſet l'étoient peu; mais cependant à la ſeconde, ils ont été teints de la même couleur.

194e. EXP. L'acier préparé par M. Quiſt, a produit le même effet, mais la couleur verte a acquis un peu d'intenſité.

195e. EXP. L'acier fait avec le fer de Dalie, comme le précédent.

196e. EXP. Le fer crud d'Huſaby, a donné de prime abord la couleur verte.

197e. EXP. Le fer battu provenant du fer d'Huſaby caſſant à froid, n'a produit du vert qu'à la ſeconde projection.

198e. EXP. L'acier préparé avec le même fer s'eſt comporté comme le précédent.

199e. EXP. Le fer battu de Braas caſſant à froid, a produit d'abord un peu de vert, & plus enſuite.

200e. EXP. Le même fer rendu malléable par l'addition de la terre calcaire, a verdi les parois du creuſet plus diſtinctement dès la première projection.

201e. EXP. La manganaiſe diſſoute dans l'acide vitriolique ainſi quo dans le nitreux, & dépouillée du cuivre par le moyen du zinc, donnoit d'abord une couleur verte très-exaltée.

202e. EXP. La limaille de cuivre a donné preſque le même réſultat.

Après avoir réfléchi ſur les produits de ces eſſais, l'on doit conclure que toutes les variétés de fer que nous avons eſſayées, contiennent de la manganaiſe ; & ſi l'on peut mettte au nombre de celles-ci d'autres expériences, quoiqu'elles aient été pratiquées d'une autre manière, l'on pourra tirer une conjecture probable qui eſt que le fer n'eſt jamais, ou du moins très-rarement purgé de la manganaiſe. Le défaut de ductilité du fer, ſoit dans ſon état d'incandeſcence, ſoit au degré de la température ordinaire, ne doit point être attribué à l'abſence de la manganaiſe, ni aſſurer qu'une plus grande quantité de manganaiſe réunie au fer, ne peut s'oppoſer à la ductilité, n°. 174, ni jamais la ſeconder, n°s. 175, 176, 178, 180, 184, 187, 196.

Si quelqu'un penſoit que l'on dût attribuer au cuivre cette couleur verte, il faudroit qu'il en ſuppoſât dans toutes les eſpèces que nous avons eſſayées. Mais, ſi nous ne nous trompons pas, ce ſeroit ſans fondement. Il n'eſt pas douteux que deux métaux peuvent être colorés de la même manière par l'effet du nitre, & différer par toutes leurs autres propriétés. Le fer & le cuivre donnent l'un & l'autre un verre rouge ; cependant ces deux métaux diffèrent entre eux.

Il eſt bien vrai que la manganaiſe contient preſque toujours du cuivre ; mais ce cuivre qui lui eſt étranger ayant été ſéparé par le zinc, la manganaiſe pure qui réſulte de ce départ colore le nitre comme auparavant, n°. 201.

C'eſt à juſte titre que nous poſons en fait que la portion de manganaiſe qui eſt unie au fer, fait au moins $\frac{30}{100}$ généralement de ſa maſſe, puiſque le fer d'Eiſenert qui eſt le meilleur de tous en contient cette quantité (D). Pour pouvoir eſtimer au juſte la quan-

(D) Voyez la note (C) page 82, relativement à la manganaiſe.

tité de matière colorante extraite, il faut le concours d'un grand nombre d'expériences, car il y a des petites variations qui échappent à l'œil de l'obſervateur le plus attentif, la pureté du nitre, ſont des cauſes qui ſecondent, ou même s'oppoſent à l'appréciation juſte des réſultats; mais comme dans les précédentes expériences la fonte a moins donné de couleur verte que le fer battu, n°s. 178, 179, il faut donc trouver une autre méthode de déterminer cette quantité plus exactement.

Le vinaigre diſtillé diſſout la chaux noire de la manganaiſe, & ne diſſout pas celle du fer (*).

203e. Exp. Un quintal de fer d'Oſterby, parfaitement calciné au feu, a été mis en digeſtion avec du vinaigre diſtillé en quantité ſuffiſante, pendant pluſieurs jours, à une chaleur convenable. L'alkali fixe aéré a précipité la diſſolution ſous la forme d'une chaux blanche, laquelle étant deſſéchée, a peſé à peine une livre, répondant environ à moitié du poids du régule de la manganaiſe.

204e. Exp. Un quintal de fer de Norrberk caſſant à chaud, traité de même, a donné à peu près la même quantité de manganaiſe de couleur bronzée.

205e. Exp. Même poids de fer de Braas caſſant à froid, a donné par le même procédé, preſque 5 liv. de précipité martial qui a verdi un peu avec le nitre. L'alkali phlogiſtiqué a donné beaucoup de bleu de Pruſſe (DD). Ce même alkali dans les précédentes

(*) Opuſcules de M. Bergman, Vol..... Pag. 219, 453.

(DD) L'auteur annonce avant de faire ces expériences, que le vinaigre diſtillé ne diſſout pas la chaux de fer, mais bien celle de la manganaiſe. Cependant dans l'expérience 245 le précipité de la diſſolution de la chaux du fer de Braas, a donné du bleu de Pruſſe; conſéquemment il contenoit du fer. Ces expériences faites avec le vinaigre diſtillé, ne donnent donc pas le ſeul précipité de la manganaiſe.

expériences, avoit à peine tiré quelques teintes bleues des précipités.

(B) Il eſt généralement connu que l'arſenic nuit au fer, lui donne de la fragilité; qu'il eſt très-difficile de l'en ſéparer. Mais cela ne ſuffit pas pour lui attribuer la cauſe de la fragilité à froid. Pour répandre des lumières ſur ce point, nous avons cru devoir recourir aux mines.

Celle qui ſe trouve dans la paroiſſe de Grangen, & dont le nom vulgaire ſe tire des pléyades, produit un fer caſſant à froid au ſuprême degré; & cela eſt ſi notoire, que ſon uſage en eſt prohibé. Ce minerai eſt compoſé de deux matières, l'une grainue, inſenſible à l'aimant; l'autre eſt ſpathique, ſous la forme de noyaux de différens volumes, elles ſont entremêlées. Nous les avons analyſées ſéparément.

206e. Exp. Un quintal de mine grainue a été rôtie à l'ordinaire ſur un petit plateau. Pendant la calcination, elle n'a exhalé aucune odeur arſenicale, pas même pendant que l'on ajoutoit ſur cette mine ardente de la poudre de charbon, qui eſt un moyen très-efficace pour découvrir la ſubſtance arſenicale. Mais pour qu'il ne ſe gliſſe aucune erreur, il faut avoir ſoin d'examiner la poudre de charbon, car il arrive ſouvent qu'étant ſeule expoſée au feu, il en émane une odeur d'ail qui n'eſt point équivoque.

207e. Exp. Il eſt réſulté les mêmes effets en éprouvant la mine ſpathique comme la grainue de Grangen.

208e. Exp. Nous avons procédé de même avec le fer de Grangen, ſans qu'il ait donné aucun ſigne d'arſenic. La fragilité de ce fer ne procède donc point d'un principe arſenical. Cependant dans les travaux en grand des forges où l'on fabrique des fers tarés de ce vice, l'on n'en apperçoit pas toujours des indices. Tous les fers qui ſont impregnés d'arſenic, ſont toujours fragiles, ſoit à chaud, ſoit à froid (D).

(C) Nous ne révoquons point en doute qu'il y ait des mines qui contiennent du zinc, telles celles d'Aix-la-Chapelle & d'autres. Mais nous n'oſons affirmer que le zinc ſoit la cauſe générale de la fragilité du ſer à froid, comme pluſieurs modernes le prétendent. Le zinc ſe combine difficilement avec le fer par la fuſion, & quand même cette union auroit lieu, le zinc ſe volatiliſeroit bientôt de lui-même. L'expérience le démontre (E).

Le ſer n'eſt pas toujours caſſant à froid dans les mines qui abondent en zinc qui ſe démontre tant par la couleur de la flamme qui ſort par l'orifice ſupérieur du fourneau, que par la croûte de cadmie abondante qui s'y forme (*).

(D) D'après cette obſervation de M. Bergman, il y a donc des fers imbus du principe arſenical & des fers caſſans à chaud & à froid. Il eût été très-utile pour la connoiſſance complete de l'analyſe du fer, que ce ſavant eût fait quelques expériences ſur les fers qui ſont tarés du vice arſenical, lequel peut être ſi inhérent par la combinaiſon du régule d'arſenic avec l'élément du fer, qu'il ne dévelope aucune odeur d'ail. Le cuivre mêlé de diverſes ſubſtances, élude tous les efforts de la chimie pour colorer en bleu les alkalis volatils, ce qui a été démontré par M. Cadet de l'Académie des ſciences, dans ſon analyſe de la terre du borax.

(E) Voyez la note Q, pag. 57, relativement au zinc

(*) Nob. A. Stockenſtrom nous a cité de ſemblables exemples. Il a vu dans la forge qui eſt ſituée près d'Aix-la-Chapelle, couler des marteaux pour forger le ſer, qui pouvoient ſervir à cet uſage pendant quatre mois. De même, dans le territoire voiſin de Luxembourg, il a vu fabriquer avec des mines tenant du zinc, du fer qui n'étoit nullement caſſant à froid (F).

(F) L'obſervation de l'Auteur, & celle de M. Stockenſtrom, ne peuvent être révoquées en doute. Mais voici des faits qui éclairciſſent ce point de Phyſique métallurgique.

Les mines de fer de Bretagne, ſont généralement chargées de

Dans les fourneaux de Suéde où l'on réduit les mines qui produiſent des fers caſſans à froid, on n'ap-

zinc, elles ſont très-fuſibles. Les fontes qui en procèdent ſont des plus réſiſtantes, & les fers ſont généralement caſſans à froid.

Les marteaux de fonte qui ſe coulent & dont on fait uſage dans les forges de cette province, peſent de 1000 à 1200 liv. Ils forgent communement quatre milliers de fer par jour, frappant de 90 à 110 coups par minutes, & durent 3, 4, 6, 7. & 8 mois, quelquefois un an.

Les enclumes coulées de la même fonte, durent 2, 3 & 4 ans au Stock. Cependant les fers qui ſont fabriqués avec ces fontes d'une conſtitution ſi ſolide, ſont très-caſſans à froid.

Dans les forges de la baſſe-Champagne, dans les environs de S. Dizier, les mines d'alluvion que l'on y traite, ſont très-chargées de zinc. Les fontes qu'elles produiſent ſont très-fluides & très-réſiſtantes, tant en moulerie & ſableries, que pour des enclumes & des marteaux. Ces marteaux peſent de 7 à 800 liv., frappent de 90 à 120 coups par minutes, forgent trois milliers de fer par jour, & durent pluſieurs mois.

J'ai fait forger 700 milliers de fer avec un ſeul marteau de fonte, dans cette province. Les enclumes durent pluſieurs années. J'en ai eu qui ſont reſtées 3, 4, & 5 ans dans le Stock. Les fers ſont moins caſſans que ceux de Bretagne, mais ſont du genre de ceux qui ſont caſſans à froid.

Dans la même province, dans les forges de Beze où l'on fabrique de très-bon fer avec des mines en piſolites peu chargées de zinc, ainſi que dans les forges circonvoiſines de la Franche-Comté, les fontes ſont ſi fragiles, que les marteaux qui ſont du même poids que dans les environs de S. Dizier, ne durent que 8 a 15 jours, un mois au plus, & les enclumes de 1 à 3 mois.

L'on peut conclure de ces faits, que la ténacité du fer ne dépend pas de celle des fontes, & que leur fragilité ne paſſe pas dans les fers qui en procèdent, puiſqu'au contraire ce ſont les fontes les plus fragiles qui produiſent dans ces forges les meilleurs fers.

Que le zinc eſt intimement uni aux molécules ferreuſes dans la fonte de fer, puiſqu'il en réſulte une maſſe dont l'agrégation ſe déſunit difficilement par les chocs les plus violens & les plus continus. Le zinc paſſe dans la pâte du fer, lorſqu'il n'en eſt pas dépouillé par l'affinage. En voici la preuve. En Bretagne on travaille à la vallone, en affinerie proprement dite & en chaufferie. L'on y houſſe plus que l'on n'avale. On releve peu, & en 20 à 22 minutes on fait une piéce qui produit une barre de 45 à 50 liv. d'un mauvais fer qui brûle comme le bois. En Limouſin au contraire, on ne fait en deux heures à la renardiere, qu'une piéce de 35 à 40 liv.; il en réſulte un fer ferme, dur au feu & au marteau, & purgé du zinc que contenoit la fonte; & peut-être que le fer doit en plus grande partie au zinc ſa propriété de brûler à la manière des corps combuſtibles, bien moins facilement cependant que le zinc pur.

perçoit aucun veſtige de zinc, quoique ce métal ne puiſſe que très-difficilement ſe cacher, en ſi petite quantité qu'il ſoit. Au ſurplus, les experiences n°s. 247 & 248, ſont une barrière contre les doutes que l'on pourroit élever, & qui prouvent qu'il n'y a aucune partie de zinc dans toutes les variétés que nous avons eſſayées, & qui ſont caſſantes à froid au ſuprême degré (G).

(D) Nous avons amaſſé les réſidus inſolubles du fer dans l'acide vitriolique : après les avoir bien lavés & ſéchés, nous en avons examiné le poids & les propriétés. Nous avons fait diſſoudre dans l'acide vitriolique deux ou trois quintaux de chaque eſpèce de fer indifféremment pris. Afin d'avoir une partie de réſidu aſſez notable, & pour la plus grande facilité des comparaiſons, nous avons établi nos calculs ſur les parties centéſimales. Voici le réſultat de notre travail.

(G) Il eût été à deſirer que l'auteur, en procédent dans les deux expériences 247, 248, pour découvrir s'il y avoit un métal étranger uni au fer caſſant à chaud & à celui caſſant à froid, eût traité par la voie de la réduction les précipités qu'il a obtenus au moyen de l'alkali fixe des diſſolutions par l'acide nitreux, afin de comparer le poids du bouton de retour avec le poids du fer diſſous; car le fer & le zinc ſe diſſolvent également bien dans l'acide nitreux, ſe précipitent de même par l'alkali fixe. Mais dans la calcination & la réduction du précipité, le zinc n'auroit pas manqué de ſe détruire au moins en plus grande partie, & la différence du poids auroit indiqué à peu près le poids du zinc combiné. De même qu'il m'eſt arrivé en faiſant diſſoudre une combinaiſon d'une partie de mercure avec trois parties de plomb dans l'acide nitreux, la maſſe s'eſt parfaitement bien diſſoute, elle a été précipitée par l'alkali fixe, le précipité ayant été ſéché & traité par la réduction, je n'ai rétiré que le plomb, le mercure s'étoit diſſipé. Mais la vraie méthode de reconnoître la préſence du zinc dans le fer, eſt de le traiter avec le vitriol de mars.

209e. Exp. Fonte ſurchargée de phlogiſtique de Leufſtad, le quintal a laiſſé. . . . . .4,0. Liv. docimaſtiques.
210e. Exp. Fonte ſaturée de phlogiſtique. . . .3,3.
211e. Exp. Fer battu provenant de la même fonte. . . . . .0,3.
212e. Exp. Acier provenant du fer d'Oſterby .0,6.
213e. Exp. Le même ſeulement battu. . . .0,1.
214e. Exp. Fonte d'Ullefors. . . . . . . .2,0.
215e. Exp. Fer battu procédant de la fonte d'Ullefors. . . . . .0,1.
216e. Exp. Fonte d'Akerby. . . . . . . .2,6.
217e. Exp. Fer battu d'Akerby. . . . . .0,5.
218e. Exp. Fonte de Forſmark. . . . . .3,0.
219e. Exp. Acier de Forſmark. . . . . .0,5.
220e. Exp. Fer de Forſmark. 0,1
221e. Exp. Fonte d'Hallefors, ſurchargée de phlogiſtique. . . . . .5,3.
222e. Exp. Fonte d'Hallefors, pauvre en phlogiſtique. . . . . .4,3.
223e. Exp. Acier anglois. . . . . . . .0,4.
224e. Exp. Acier préparé par M. Quiſt. . .0,6.
225e. Exp. Fer natif de Sibérie. . . . . .0,1.
226e. Exp. Fonte de Brattfors. . . . . .2,5.
227e. Exp. Fer battu de Brattfors. . . . .0,3.
228e. Exp. Acier fait avec le fer de Dalie. . .0,5.
229e. Exp. Fer battu de Norrberck, caſſant à chaud. . . . . .6,7.
230e. Exp. Fonte d'Huſaby, caſſante à froid
231e. Exp. Acier d'Huſaby. . . . . . . .1,7.
232e. Exp. Fer forgé d'Huſaby. . . . . .0,6.
233e. Exp. Fer forgé de Grangen, caſſant à froid. . . . . .0,1.

Ces expériences démontrent clairement que la fonte de fer donne le réſidu le plus conſidérable, & celle qui eſt plus riche en phlogiſtique, en donne plus

que celle qui en eſt pauvre ; que l'acier en a donné beaucoup moins que le fer crud ; enfin que le fer battu laiſſe bien peu de réſidu indiſſoluble, & quelquefois preſque aucun.

Le réſidu du fer crud a l'extérieur écailleux, le gliſſant de la plombagine, & comme elle, il ſalit par le frottement.

234e. Exp. Un quintal de ce réſidu mis ſous la moufle d'un fourneau de docimaſie, bien ardent, blanchit d'abord, & perd plus ou moins de ſon poids. Cette perte cependant ne ſurpaſſe jamais la moitié. La poudre qui reſte, paroît être de la nature du *ſilex*.

235e. Exp. Un quintal du même réſidu détonné avec le nitre, en alkaliſe le quintuple de ſon poids; c'eſt-à-dire, ſouſtraction faite de la partie ſiliceuſe ; le ſurplus n'eſt privé de ſon phlogiſtique qu'avec dix parties de nitre. Si l'on fait cette opération avec un appareil pneumatique, on en retire environ 50 pouces cubiques d'acide aérien.

236e. Exp. Un demi-quintal de ce réſidu mis en ébullition dans l'acide marin, n'y a ſouffert aucune altération.

237e. Exp. Un quintal de ce réſidu mêlé avec un poids égal de chaux martiale dans un creuſet clos pendant 15 minutes, & expoſé au feu excité par un ſoufflet, donne 30 liv. de régule, produit que l'on obtient avec la plombagine ordinaire (H).

(H) M. Bergman poſe en fait qu'une partie de plombagine contient autant de phlogiſtique réducteur, que dix parties de fer ; & cependant un quintal du réſidu de fer dans l'acide vitriolique, que l'auteur aſſure être analogue à la plombagine, n'a pu réduire & revivifier en fer que 30 liv. de fer calciné, ce qui n'équivaut qu'à trois liv. de plombagine, & les 97 autres n'ont donc eu aucune action ſur les 74 liv. reſtantes de la chaux de fer, qui doivent contenir plus de $\frac{7}{10}$ de métal.

Ces expériences nous ayant mis à découvert la manière d'être de ce réſidu tiré de la fonte de fer, il paroît qu'outre la partie ſiliceuſe, il contient une ſubſtance ſemblable à tous égards à la plombagine ordinaire, & même qu'elle eſt compoſée d'un acide aérien & de phlogiſtique (*).

Le réſidu d'un quintal d'acier va au plus à une demi-liv.; il n'atteint jamais la liv. entière, excepté celui de l'acier préparé avec le fer caſſant à froid.

Afin de connoître le caractère de ce réſidu, nous avons d'abord eſſayé celui qui ſe tire de la diſſolution de l'acier anglois. Mais neuf quintaux ne nous ont fourni que 3,6 liv. quantité trop petite pour pouvoir être ſoumiſe à de juſtes démonſtrations, mais cependant qui a ſuffi pour en annoncer le caractère.

238e. EXP. Une petite portion de ce réſidu calciné ſous la moufle du fourneau de docimaſie, a laiſſé un réſidu blanc & ſiliceux.

239e. EXP. Une portioncule jetée dans le quintuple de ſon poids de nitre fondu, a détonné avec impétuoſité; mais il reſtoit encore quelque choſe de noir, ce qui indiquoit qu'il y auroit eu beſoin d'une plus grande quantité de nitre, ſi ces foibles reſtes euſſent pu détonner avec le nitre, mais en vain nous l'avons tenté.

240e. EXP. Une petite portion miſe dans l'acide marin, ne s'y eſt pas diſſoute.

Toutes les propriétés de ce réſidu démontrent plus

(*) D. Cronſtedt dans ſa minéralogie, §. 154, réunit deux minéraux qui diffèrent beaucoup entr'eux en raiſon de leur compoſition. L'un cité ſous la lettre A, eſt lamelleux. Il eſt formé par l'union d'une terre métallique quelconque, avec le ſoufre ordinaire que l'on nomme molybdene. L'autre eſt une eſpèce de ſoufre compoſé de l'acide aérien uni au phlogiſtique. Ce dernier ſe nomme plombagine. Cronſtedt. Actes de Stokholm *1778, 1779, 1781.*

que ſuffiſamment la préſence de la plombagine ſemblable à celle qui porte communément ce nom. Mais nous n'oſons rien aſſurer quant à la nature & aux proportions de ſes parties conſtitutives, attendu que la modicité des parcelles de cette matière ne nous a pas permis de faire des eſſais aſſez juſtes pour les déterminer.

Le réſidu que donne le fer battu, eſt en ſi petite quantité, que nous n'en avons pu tirer de quelques quintaux une quantité ſuffiſante pour pouvoir en faire l'analyſe.

Le fer caſſant à froid eſt celui qui en donne une plus grande quantité, ce qui nous a permis de faire trois expériences pour en connoître le caractère (A).

241e. EXP. Une petite portion du réſidu produit par cette qualité de fer, a détonné avec le nitre fondu.

242e. EXP. Une autre partie calcinée a laiſſé un réſidu ſiliceux.

243e. EXP. Une autre partie expoſée dans de l'acide marin bouillant, y eſt reſtée intacte.

(E) L'on attribue communément à l'acide du ſoufre la cauſe de la fragilité du fer caſſant à chaud (B).

(A) Pour connoître ſi le réſidu que laiſſe le fer caſſant à froid dans la diſſolution par l'acide vitriolique, eſt la vraie cauſe de la fragilité de cette ſorte de fer, il eût fallu traiter par la réduction la chaux de fer précipitée de cette diſſolution, & voir ſi le régule en procédant auroit ou acquis de la ductilité, ou s'il ſeroit reſté caſſant à froid. Ce qui eſt arrivé dans l'expérience 228 avec la fonte d'Huſaby.

(B) Nos ouvriers nomment rouverain, le fer qui a le défaut de caſſer à chaud. Il eſt très-exigeant au forgéage, difficile à ſuer, à ſouder & à étamper. Une grande partie des fers d'Eſpagne a ce défaut. Dans les forges de Buffon, lorſque l'on uſe d'une mine en pois qui eſt enſachée dans des maſſes calcaires, & combinée avec de petits cailloux de calcédoine,

Le fer qui eſt taré de ce vice dans un haut degré, ſe diſtingue facilement par les gerçures & les fentes que lui imprime la percuſſion du marteau. Inutilement on l'expoſe en vente,& l'on n'en achète que malgré ſoi. Nous avons cependant eu la facilité de nous procurer la variété de cette eſpèce de fer qui ſe fabrique dans la paroiſſe de Norrberk, & nous analyſions en même temps le fer ductile & le caſſant à froid. Voici ce qui en eſt réſulté.

244[e]. Exp. J'ai mis à diſſoudre du fer de Norrberk, caſſant à chaud, dans de l'acide marin bien pur; j'ai ajouté qnelques goutes de *terre peſante ſalée* (A), diſſoute dans de l'eau diſtillée. La liqueur n'a pas troublé & même n'a rien dépoſé pendant un jour complet, ce qui ſeroit ſûrement arrivé, s'il y eût eu un ſeul quart de grain de matière à dépoſer.

245[e], Exp. La même expérience faite avec le fer caſſant à froid de Braas, a préſenté le même phénomène.

245[e]. Exp. Ayant répété le même procédé avec le fer ductile d'Oſterby, nous avons eu le même ſuccès.

(F) Afin de connoître ſi les fers caſſans à chaud & ceux caſſans à froid contiennent quelques parties étrangères, nous avons entrepris ce travail de la manière ſuivante.

247[e]. Exp. Nous avons diſſous exactement un quintal de fer de Braas, caſſant à froid, dans l'acide nitreux bien pur. La liqueur a été précipitée par l'alkali fixe

---

le fer que l'on en fabrique eſt rouverain; tandis que celui que l'on fait avec de petites mines d'alluvion, dans la même forge, eſt ou ductile à froid & à chaud, ou médiocrement caſſant à froid, ſuivant que les ouvriers prennent plus ou moins d'attention dans les opérations de la fabrication.

(A) Liqeur tirée du ſpath calciné.

de tartre purifié. Le précipité exactement lavé & ſéché a été pouſſé à un feu très-vif dans un creuſet. Cette chaux a été de nouveau miſe en digeſtion avec l'acide nitreux pendant quelques jours à un moyen degré de température, & ſans que l'on y touchât, afin que ce qui pouvoit être ſoluble fût ſaiſi par le nouvel acide nitreux; mais ni l'alkali de tartre, ni le phlogiſtiqué n'ont rien précipité, excepté une portion de la chaux de fer : d'où nous concluons que ce fer ne contient aucunes parties terreſtres, ou métalliques étrangères qui ſoient ſolubles par l'acide nitreux.

Ayant fait cryſtalliſer la liqueur reſtante après la précipitation, nous en avons rétiré du nitre procédant de l'alkali végétal.

Ayant enſuite ſaturé avec le vinaigre, nous avons ſéparé les deux ſels par le moyen de l'eſprit de vin; & après avoir examiné ſoigneuſement ces réſultats, nous n'avons trouvé que du nitre & de la terre folieé de tartre, l'un & l'autre diſtincts & très-purs. Ce procédé ne nous a donc démontré aucune partie d'acide étrangère contenue dans le fer.

248e. Exp. Nous avons traité de même un quintal de fer caſſant à chaud : le précipité ayant été deſſéché & long-temps expoſé à la calcination, a été ſoumis à l'action de l'acide nitreux; mais nous n'avons rien découvert d'étranger qui fût ſoluble ni dans la chaux précipitée de la première diſſolution, ni dans la liqueur reſtante après la précipitation.

249e. Exp. Nous avons précipité par l'alkali phlogiſtiqué une diſſolution de fonte d'Huſaby dans un acide. 228 liv. de ce précipité ayant été mêlé avec de la poudre de charbon dans un creuſet clos expoſé au feu de fuſion, ont produit $39\frac{1}{2}$ l. de régule fragile, lequel ayant été refondu avec le quart de ſon poids de chaux martiale provenant de bon fer, a récouvré ſon premier poids & ſon caractère de fonte de fer.

SECTION

SECTION IX.

Des Principes immédiats du fer.

De l'examen attentif & particulier de tous les phénomènes que nous avons rapportés, il réſulte que le fer par ſa manière d'être, eſt un métal qui diffère des autres à bien des égards; mais cependant, qu'il s'en rapproche généralement par ſes parties conſtitutives, dont les deux les plus immédiates ſont une terre particulière & le phlogiſtique.

Puiſque l'on peut extraire de quelque fer que ce ſoit de l'air inflammable, & même à volume égal, en employant divers acides, je ſuis très-porté à préſumer qu'il procède de cet acide aérien renfermé dans ce métal. Les pierres calcaires & pluſieurs autres matières contiennent de cet acide aérien: mais ſi cette préſomption étoit fondée ſur un principe ſolide, il devroit en réſulter que tout acide en attaquant le fer, devroit produire de l'air inflammable. Le contraire cependant eſt démontré par l'expérience; car l'acide de l'arſenic diſſout le fer ſans produire aucun fluide élaſtique; lequel au lieu de détruire le phlogiſtique, ſe réunit avec une portion du diſſolvant pour régénérer l'arſenic blanc.

L'acide nitreux ne tire pas non plus d'air inflammable, mais il produit un autre fluide aérien connu ſous le nom d'air nitreux. L'on peut cependant oppoſer que cet acide attaque avec une ſi violente activité les corps inflammables, qu'il peut arriver que ce même air inflammable ſoit détruit par l'effet de la diſſolution; mais il eſt prouvé ſuffiſamment par d'autres expériences, que l'acide nitreux le plus concentré ne peut en aucune manière changer l'air inflammable

qui n'eſt point développé par l'effet des diſſolutions, ou ſeulement mis en liberté, mais qui eſt réellement & effectivement produit.

Au ſurplus, voulant reconnoître ſi tout air inflammable étoit de même caractère; nous nous en ſommes procuré du pur, dont nous avons empli des bouteilles égales contenant chacune 6 pouces cubes (A), afin de l'examiner.

250e.Exp. Ayant approché la flamme d'une bougie de l'orifice d'une bouteille remplie d'air inflammable procédant du fer battu de Norrberk caſſant à chaud, il s'eſt enflammé avec une ſorte d'exploſion; il en ſortoit une flamme jaunâtre qui a conſumé tout l'air dans le moment; car ayant approché de nouveau la flamme d'une bougie, il n'a plus reparu aucun ſigne d'inflammation.

251e. Exp. L'air inflammable tiré du fer battu de Braas caſſant à froid, s'eſt comporté de même; mais la première déflagration paſſée comme un éclair, a laiſſé une portion qui s'eſt de nouveau enflammée, & eſt reſtée ardente pendant environ deux minutes, donnant une flamme foible & jaunâtre dont la baſe à l'orifice de la bouteille, étoit teinte d'une couleur bleue.

252e. Exp. La fonte de fer de Leufſtad ſaturée de phlogiſtique, a produit un air qui a donné avec exploſion une flamme jaunâtre, laquelle s'eſt éteinte auſſi-tôt, mais s'eſt de nouveau enflammée par l'approche de la bougie. Elle a brûlé alors pendant deux minutes, en donnant une foible déflagration rougeâtre & ſcintillante.

253e. Exp. L'air inflammable tiré du fer battu de Leufſtad, a produit les mêmes effets; mais la ſeconde flamme tiroit plus ſur le jaune.

(A) 7,2. pouces du pied-de-roi.

254e. EXP. L'air produit par l'acier Anglois, s'eſt enflammé la première fois comme celui tiré du fer battu de Leufſtad ; la ſeconde flamme étoit foible & bleue , elle a duré environ deux minutes.

Ces expériences prouvent des différences , dont la plus remarquable eſt celle qui réſulte du fer caſſant à chaud.

(B) Les cauſes des variations du fer, procèdent non-ſeulement des proportions de ſes principes conſtitutifs, mais ſouvent auſſi d'autres matières qui lui ſont unies ſans une abſolue néceſſité , même qui peuvent s'en ſéparer ; & en effet , quelquefois le fer n'en contient pas. Quoique cela ſoit ainſi , ces matières hétérogènes ont néanmoins un ſi grand rapport aux divers états de notre métal, que lorſqu'elles en ſont ſéparées , elles ſubiſſent un changement total ; c'eſt pourquoi il ne ſera peut-être pas inutile de faire connoître ici les limites de leur variation d'après le réſultat de nos expériences ; enfin nous ajouterons les gravités ſpécifiques de certaines variations que nous avons ſoumiſes auparavant à la balance hydroſtatique.

FER CRUD.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière ſiliceuſe.	1,0.	3,4.
Plombagine.	1,0.	3,3.
Manganaiſe.	0,5.	30,0.
Fer.	97,5.	63,3.

Qui contiennent autant de phlogiſtique que d'air inflammable, dont elles donnent de pouces cubes.	28.	48.
La matière de la chaleur élémentaire qu'elle renferme, répond aux degrés du thermomètre.	20.	52.

La gravité ſpécifique du fer crud de Leufſtad ſuperſaturé de phlogiſtique, eſt de 8,062 (K), & celui qui ne contient qu'une juſte doſe de phlogiſtique. . . . . 7,759.

ACIER.

Le quintal contient

Principes.	moins.	plus.
Matière ſiliceuſe.	0,3.	0,9.
Plombagine.	0,2	0,8.
Manganaiſe.	0,5.	30,0.
Fer.	90,0.	63,3.

Qui contiennent autant de phlogiſtique que de pouces cubes d'air inflammable qu'elles produiſent. . . . . 44. . 48.

La matière de la chaleur élémentaire répond aux degrés du thermomètre. . 74. 114.

La gravité ſpécifique de l'acier d'Huſaby. 7,002.

Celui du Sieur Quiſt. . . . . 7,643.

De l'acier Anglois. . . . . 7,775.

De Forſmark. . . . . 7,727.

D'Oſterby. . . . . 7,784.

Le même trempé. . . . . 7,693.

Tous les autres aciers avoient été détrempés par le recuit.

(K) Il s'eſt gliſſé une erreur dans les chiffres qui déſignent la peſanteur ſpécifique de la fonte noire portée à 8,062, & de la griſe portée à 7,759 qui eſt beaucoup plus forte que celle de l'acier & des différentes eſpèces de fer &, de même pour la peſanteur ſpécifique de l'acier d'Huſaby qui n'eſt portée qu'à 7,002; tandis que l'acier Anglois eſt à 7,775. Dans l'appendix je redreſſerai cette erreur qui eſt probablement typographique.

(D) FER BATTU ductile.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière ſiliceuſe.	0,05.	0,3.
Plombagine. . . . . , . .	0,05.	0,2.
Manganaiſe.	0,50.	30,0.
Fer.	99,40.	69,5.

Qui ſont douées d'autant de phlogiſtique que d'air inflammable dont elles produiſent de pouces cubes. . . . . 48. . .51.

La matière de la chaleur élémentaire, degrés. . . . . 102. .136.

La gravité ſpécifique eſt,

Du fer de Brattfors. . . . . 7,798.

De celui de Leufſtad. . . . . . . 7,754.

De celui d'Oſterby. . . . . 7,827.

De celui de Braas. . . . . 7,751.

(E) FER BATTU caſſant à chaud.

Le quintal produit.

Principes.	Poids unique proportionnel.
Matière ſiliceuſe, ...	0,8.
Plombagine.	0,7.
Manganaiſe.	0,5.
Fer.	98,0.

Qui réuniſſent autant de phlogiſtique que d'air inflammable, dont elles produiſent de pouces cubes. . . . . 48.

La matière de la chaleur élémentaire, degrés. . . . . 130.

La gravité ſpécifique du fer de Norrberk, caſſant à froid. . . . . 7,753.

(F) FER BATTU caſſant à froid.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière ſiliceuſe.	0,05.	0,3.
Plombagine..	0,05.	0,3.
Manganaiſe..	0,5.	4,0.
Fer.	99,40.	95,4.

Dans leſquelles le phlogiſtique réducteur équivaut à l'air inflammable qu'elles contiennent, & dont elles donnent de pouces cubes. . . . . 50. . .52.

La matière de la chaleur élémentaire, fait monter le thermomètre à . . . 122. . .134.

La gravité ſpécifique eſt du fer de Braas caſſant à froid eſt. . . . . 7,792.

Du même ductile. . . . . 7,751.

De celui d'Huſaby. . . . . 7,791.

(G) Ce devroit être ici le lieu d'examiner quelle eſt l'influence de chaque eſpèce de matière qui entre dans la compoſition du fer ſur ſes différentes qualités; mais pour remplir cet objet avec un ſuccès complet, il eſt néceſſaire de faire encore différentes ſortes d'expériences.

Cependant il nous ſuffit ici d'effleurer légèrement les effets les plus remarquables. Voyons d'abord d'où réſulte la différence des trois états de ce métal.

Le fer crud contient une plus grande quantité de chacune des matières hétérogènes que les autres ſortes, d'où procède un enſemble des parties plus fragiles. La quantité de phlogiſtique varie un peu, & cependant, de façon que lorſqu'il eſt plus abondant, il ſe trouve une plus forte doſe de plombagine, laquelle

alors paroît également donner de la ſoupleſſe & retarder la fuſion (L).

Le fer en état d'acier, eſt très voiſin de celui du fer crud ; il contient cependant beaucoup moins de parties héterogènes que le fer crud ; mais beaucoup plus que le fer battu ductile.

L'acier eſt plus riche que le fer crud, en matière de chaleur élémentaire & en principe inflammable. Il paroît que la plombagine eſt un principe néceſſaire au fer dans ces deux états, mais dans des proportions différentes & déterminées pour chacun ; & c'eſt cette plombagine, ſi nous ne nous trompons, qui eſt la cauſe de la couleur rembrunie que les acides impriment tant ſur le fer crud que ſur l'acier, & plus particulièrement l'acide nitreux ; car après l'éroſion du métal par cet acide, on apperçoit à ſa ſurface une couche légère de plombagine. Mais au ſurplus, la dureté que ce métal acquiert par l'immerſion ſubite dans l'eau, lorſqu'il eſt plus ou moins chauffé, paroît provenir d'une doſe modérée de la plombagine ; car la trempe augmente peu la dureté du fer ductile, un peu plus celle du fer crud, & celle de l'acier au très-haut degré (M). Mais il nous faut réunir en dernier

(L) J'ai éprouvé pluſieurs fois une très-grande difficulté en voulant fondre de l'acier dans des creuſets de molybdène.

(M) Le fer caſſant à froid prend beaucop de dureté à la trempe qui l'aigrit & le découvre blanc ; au lieu que le fer doux ne preud pas une dureté bien ſenſible. Ces deux propriétés diſtinctes ont élévé une conteſtation entre des Phyſiciens de ſentimens contraires. Les uns ſoutiennent que le fer ne prend pas de dureté à la trempe, d'autres affirment que la trempe durcit le fer un peu moins que l'acier. Ils ont tous rai on, mais ils ne s'entendent pas entr'eux, faute d'examiner la nature du fer qu'ils emploient. Le fer caſſant à froid, participe des qualités du fer & de celles de l'acier ; c'eſt un acier imparfait, ce qui lui fait prendre de la dureté à la trempe. La fonte en prend conſidérablement ; j'en ai vu faire des outils tranchans.

reſſort le concours de pluſieurs expériences pour découvrir le mécaniſme de cette opération.

Qu'un corps ardent prenne de la roideur par un refroidiſſement ſubit, & que des particules dilatées par le feu ſe figent pour ainſi dire dans le moment, ſous le volume qu'elles avoient auparavant, cela nous paroît très-probable, & la gravité ſpécifique plus foible dans l'acier durci par la trempe, que dans celui qui eſt ramolli, dénote l'expanſion du volume; mais comment expliquer qu'une demi-centième partie de plombagine puiſſe ſeule produire une ſi grande différence? c'eſt le nœud gordien qui nous offre des difficultés difficiles à réſoudre (N).

Il paroît que l'élaſticité dépend en général de l'union d'une doſe déterminée du principe inflammable & de la matière de la chaleur élémentaire; du moins la nature des choſes confirme ce ſentiment dans pluſieurs cas; ainſi l'acide vitriolique en ébullition, produit de certaines vapeurs élaſtiques qui ſe réſolvent en liqueur par le froid. Si l'on ajoute à cet acide vitriolique en ébullition, un peu de matière inflammable, il produit ſur le champ une très-grande abondance d'air élaſtique qui reſte dans cet état. Il en eſt

(N) M. Bergman avoue ici avec candeur qu'il eſt bien difficile de ſe perſuader qu'une ſi petite portioncule de plombagine ſuppoſée dans l'acier, puiſſe produire tous les phénomènes que préſente le fer dans cet état. Le nœud gordien, ſelon moi, n'eſt pas difficile à réſoudre, car ſans m'arrêter aux réſultats des nombreuſes expériences que ce ſavant a faites pour découvrir les principes conſtitutifs de l'acier, & ne parlant que d'après ma propre expérience dans des travaux en grand, je ſuis perſuadé que ce n'eſt que l'augmentation du principe de la chaleur qui conſtitue l'acier, c'eſt-à-dire qui convertit le fer en acier ſans augmenter la doſe de phlogiſtique néceſſaire à la ductilité. Je déveloperai cet argument plus au long & à la ſuite de cette traduction, & dans un autre ouvrage. L'expérience & les faits ſeront les fondemens de ſa démonſtration.

de même de l'acide nitreux ; mais lorſqu'il a été privé par l'ébullition de la portion d'air élaſtique qu'il contient ordinairement, enſuite ſans le ſecours du phlogiſtique & de la chaleur, il ne produit plus d'air élaſtique perſiſtant en cet état : l'acide muriatique en produit conſtamment par le ſecours ſeul de la chaleur, parce que la matière inflammable fait une partie de ſes principes conſtitutifs.

L'acier qui eſt doué de l'élaſticité dans un degré éminent, contient cependant moins que le fer de principe inflammable & de matière de la chaleur élémentaire : ce qui nous démontre que, pour que ce métal poſsède l'élaſticité dans un haut degré, il faut que ces deux principes y ſoient réunis dans une juſte proportion plutôt que d'y être avec excès. Dans toute la nature, les cauſes ſont pareillement circonſcrites & déterminées.

Les ſuperficies d'une lame polie échauffée par gradation, ſe couvre de diverſes couleurs relatives au degré de chaleur qu'elle éprouve. Ces couleurs ſont ſans doute l'effet de la légère calcination qui prend ſucceſſivement de l'accroiſſement.

Le fer ductile particulièrement, peut être appellé fer pur; & quoiqu'il ſoit fort chargé de la matière de la chaleur élémentaire & du phlogiſtique, cependant il réſiſte à la fuſion avec bien plus d'opiniâtreté que les deux précédentes variations (A), ce qui nous donne une nouvelle preuve évidente de l'importance des proportions. Il en eſt de même de la ductilité qui augmente dans

(A) La matière de la chaleur eſt le principe de la fuſibilité des métaux, & le phlogiſtique celui de leur ductilité. L'acier eſt plus fuſible que le fer, parce qu'il contient une bien plus grande doſe de la chaleur élémentaire que le fer, & il eſt ductile parce qu'il a une juſte doſe de phlogiſtique. Le phlogiſtique conſtitue le nerf du fer, la chaleur forme le grain de l'acier.

divers états du fer, en raiſon de l'augmentation du phlogiſtique & de la matière de la chaleur juſqu'à un certain point, au-delà duquel l'augmentation de ces principes produit la fragilité dans le fer caſſant à froid (exp. 31), qui a été rendu ductile par l'effet de la terre calcaire; & au lieu de 52 pouces cubiques d'air inflammable, il n'en a plus donné que 48 (exp. 32). La matière de la chaleur reſte invariable, malgré que le fer change de caractère, ce qui eſt très-digne de remarque (exp. 165, 167).

Approfondiſſons davantage la nature du fer vicieux. Prenons d'abord le fer caſſant à chaud : ce fer étant froid & la plûpart du temps chauffé ceriſe, ſe laiſſe forger, limer & plier facilement; mais lorſqu'il éprouve une chaude blanche, il ſe rompt & ſe briſe. Sa fracture eſt filamenteuſe : ſa ſuperficie étant limée, bleuit & contracte facilement la rouille. Les uſtenſilles de cuiſine qui ſont coulés avec la fonte dont ces fers ont été produits, noirciſſent les alimens que l'on y fait cuire, & repandent l'odeur des poêles (M). Lorſque ce fer eſt chauffé blanc, il s'en échappe plus fréquemment & plus abondamment des étincelles que du fer de bonne qualité. Le vice du fer caſſant à chaud ne ſe corrige pas par le contraire du fer caſſant à froid, (exp. 125); ni par la calcination, (exp. 129). La cémentation paroît néanmoins le corriger un peu; cependant il faut avouer que le vice du fer de Norrberk eſt moins re-

(M) Les mêmes mines de fer produiſent une fonte blanche qui noircit les alimens que l'on fait cuire dans les uſtenſiles de cuiſine qui en ſont formés, & une fonte griſe qui n'a point ce défaut, ce qui vient du plus ou moins de liaiſon & de proportion de la matière de la chaleur & du phlogiſtique qui ſont entrées dans la compoſition de la fonte & qui l'ont amenée à un plus grand degré de pureté. L'on fait du fer doux, du caſſant à froid avec des fontes qui noirciſſent les alimens, ſur-tout les légumineux, ſuivant le procédé que l'on emploie.

marquable après cette opération. Le caractère du fer caſſant à chaud, ne dérive pas totalement de l'acide du ſoufre, (expérience 244), ni des proportions des ſubſtances héterogènes ou des principes conſtitutifs; mais elle procéde, à ce qu'il ſemble, de la qualité du phlogiſtique détérioré par quelque cauſe. La différence de l'inflammation de l'air qu'il produit, nous indique cette cauſe (exp. 250), ainſi que la manière de ſe comporter avec le ſoufre & l'eau (exp. 261), la mauvaiſe odeur qu'elle exhale, les étincelles qui s'en échappent, & le reſte. Il eſt de plus notoire, que le fer de bonne qualité devient caſſant à chaud par l'effet des charbons mal cuits dont on ſe ſert dans ſa fabrication (M).

Le fer caſſant à froid, ſe forge également bien, ſoit qu'il ſoit chauffé rouge ou blanc. Lorſqu'il eſt limé, il préſente une couleur argentine, & réſiſte bien à la rouille (N). Il paroît grenu à la fracture; il

---

(M) L'obſervation de M. Bergman eſt appuyée par l'expérience rélativement au charbon qui n'a pas reçu le point néceſſaire à ſon degré de parfaite cuiſſon dans les forêts & qui produit des fers vicieux, même les charbons trop nouveaux cuits apportent des variations nuiſibles dans les travaux des forges. Les vapeurs qui émanent d'un charbon mal-conſtitué, ſont bien plus nuiſibles que celles qui ſont produites par des charbons bien préparés & repaſſés. Les forgerons diſent qu'un charbon mal-cuit *n'eſt pas de nature;* pour lui donner ſon degré de perfection, il eſt néceſſaire lorſqu'une charbonnière ne fume plus, de faire repaſſer le feu par toutes les maſſes de charbon qu'elle contient, au moyen des évents; c'eſt ce que l'on nomme rougiſſage.

(N) Un très-grand uſage de voir des maſſes de fer dans toutes ſortes de ſituation, m'a démontré que le fer caſſant à froid eſt infiniment plus ſuſceptible de la rouille que le fer doux; & lorſque je jette un coup d'œil ſur un magaſin rempli de fer qui a été expoſé aux viciſſitudes de l'atmoſphère, je diſtingue

ne perd point ſa fragilité lorſqu'il eſt fondu avec le quart de ſon poids de chaux martiale préparée avec du bon fer (exp. 100), & fondu avec moitié de ſon poids de cette même chaux martiale, il paroît acquérir de la fragilité à chaud (exp. 101). Le fer crud de cette nature avec la chaux martiale préparée avec telle eſpèce de fer que ce ſoit, préſente les phénomènes d'une ſurprenante volatiliſation (exp. 102 104), (N).

(L) Il acquiert de la qualité étant fondu avec la pierre calcaire calcinée dans le fourneau à la hongroiſe (pag. 11. note), ce qui n'a pas lieu dans un creuſet (exp. 120, 123) : traité avec le ſoufre, il paſſe à l'état d'acier (exp. 124). De même, lorſqu'il a été calciné & enſuite fondu avec du fer de bonne qualité, (exp. 128), la cémentation ne le change pas (exp. 141 143). Réduit en bleu de Pruſſe, & revivifié enſuite, il conſerve ſon caractère (exp. 249). La cauſe originaire de ces diverſes qualités, eſt couverte d'épaiſſes ténébres (O).

---

les qualités par le coup-d'œil. Le fer caſſant à froid, produit une rouille farineuſe abondante, le fer doux une rouille denſe & fondue.

(N) Voyez la note (C), pag. 35.

(O) Le fer caſſant à froid eſt généralement aciéreux plus ou moins. Sa contexture eſt grainue comme l'acier corroyé & trempé, ſouvent lammelleuſe comme l'acier-poule non trempé. Il durcit à la trempe & s'y découvre comme l'acier. Il contient beaucoup de la matière de la chaleur, & peu de phlogiſtique mal combiné.

Le fer caſſant à chaud eſt ſuperſaturé de phlogiſtique, & contient moins de la matière de la chaleur. Dans le fer doux, la combinaiſon de la matière de la chaleur & du phlogiſtique, ſont au point de la ſaturation & d'une juſte combinaiſon.

L'acier eſt ſuperſaturé de la matière de la chaleur avec la doſe du phlogiſtique néceſſaire à la parfaite ductilité.

La proportion du phlogiſtique produit ſans doute quelque effet (exp. 31,32) ; mais ſi nous ne nous trompons pas, la principale cauſe réſide dans la chaux martiale d'une nature particulière qui exiſte dans le fer, & que nous ferons bientôt connoître par les expériences 264, 266.

SECTION X.

De la Chaux du Fer.

JUSQU'A préſent nous avons recherché les principes immediats du fer. Nous allons rapporter ſuccintement combien nous avons acquis de connoiſſances ſur cet objet par ſa décompoſition & ſa réduction en chaux. Ce qui nous a paru d'abord mériter une ſérieuſe attention, c'eſt l'action particulière que l'eau a ſur notre métal. L'acide vitriolique concentré ne diſſout pas le fer ſans addition d'eau, laquelle ſeule le réduit en poudre lorſqu'il y reſte long-temps ſubmergé; elle ſeconde auſſi l'action du ſoufre ſur la limaille de fer; enſorte que non-ſeulement le mélange s'échauffe conſidérablement, mais même exhale de la fumée & s'enflamme.

Ces phénomènes n'indiquent-ils pas qu'il y a un principe ſalin & radical, ſur-tout un acide caché qui a de l'affinité avec l'eau, & la met en action ? Mais analyſons-en les effets avec plus d'exactitude.

255[e]. EXP. Huit quintaux de limaille de fer d'Oſ-

L'acier ſuperſaturé avec excès de la matière de la chaleur, eſt intraitable. On peut lui enlever graduellement cette ſurabondance ſans diminuer ni augmenter la portion de phlogiſtique néceſſaire à ſa ductilité. Ces opérations ſe font tous les jours dans les travaux en grand ; il ne faut ni acides, ni alkali.

terby, humectés de quelques goutes d'eau, ont fait monter le thermomètre du 10e au 17e degré, ce qui prouve ſans doute une action réciproque (P).

256e. EXP. Sur trois quintaux de la même limaille miſe ſur une ſoucoupe de porcelaine, j'ai verſé de

---

(P) Le fer a de la ſaveur, & cette propriété eſt un des moyens que j'emploie pour en connoître la qualité. L'habitude & l'attention m'ont acquis un degré de ſenſation qui n'eſt point équivoque. Mais il n'eſt pas néceſſaire de recourir à des ſels, comme je l'ai cru autrefois, pour démontrer l'effet de l'action de l'eau ſur le fer, & la chaleur qui réſulte du mélange d'eau avec la limaille. L'eau attire la chaleur avec une force d'attraction étonnante, & en eſt un des meilleurs conducteurs. L'eau dont on humecte la limaille de fer, ſeule ou combinée avec le ſoufre, ſaiſit la matière de la chaleur, rompt toutes les cellules ou pores qui la renferment, & déſunit par ce moyen l'agrégation des corps qui la contiennent. Elle a moins d'action ſur le phlogiſtique, elle ne le détruit que par le concours de l'air ou des ſels qui en produiſent. L'eau mêlée avec la limaille de fer dans l'expérience 255, qui a donné de la chaleur, & celle qui enflamme le ſoufre, mêlée avec le fer, agit dans cette occaſion comme dans l'extinction de la chaux calcaire, avec moins d'activité, il eſt vrai; parce que l'agrégation de la pierre calcaire eſt bien plus perméable à l'eau que celle du fer qui ne laiſſe de priſe à l'eau que par les ſurfaces. L'atténuation du fer par l'eau qui le réduit en æthiops martial, procède du même effet. Mais comme il y a alors de l'eau en ſurabondance, la chaleur eſt inférieure au volume de l'eau. Il ne peut y avoir d'incandeſcence, & le fer privé d'une grande partie de la matière de la chaleur, conſerve ſon phlogiſtique qui n'a pu être détruit ni par l'air, ni par le feu en action.

Si l'on ſoutenoit la préſence d'un ſel quelconque dans le fer, d'où procède ſa ſaveur & l'action de l'eau, je dirois que ce ſel eſt une combinaiſon d'air & de matière du feu, à laquelle il faut rapporter uniquement l'action de l'eau ſur le fer, la chaleur qui en réſulte, & l'augmentation de poids de l'exp. 256.

La matière de la chaleur eſt la cauſe des ſaveurs. elle donne de la cauſticité aux ſels, & rend leur liqueur-mère incriſtalliſable. Leur déliqueſcence n'eſt que la ſuite des rapports d'affinité & d'attraction de l'eau avec la matière de la chaleur.

l'eau qui s'eſt évaporée inſenſiblement à une température moyenne; la maſſe ſéchée a été triturée avec un pilon d'agathe, & humectée de nouveau. Cette opération a été répétée pendant 60 jours conſécutifs. Après ce terme, la limaille réduite en poudre noire étoit encore fortement attirable à l'aimant. L'on appercevoit quelques portioncules réduites en ocre jaune qui n'étoient point attirables. Le poids du total étoit alors de 371 liv. ce qui donne 23,7 d'augmentation par quintal.

257[e]. EXP. L'on a mis 185 liv. docimaſtiques de la même limaille, avec 688 liv. d'eau dans une petite cucurbite qui contenoit 3200 liv. d'eau revenant à 4 pouces cubes. Un petit tube étoit adapté exactement à l'orifice de la cucurbite, & il étoit recourbé de façon que ſon autre bout entroit dans un autre tube plein de mercure, & dont l'ouverture plongeoit dans du mercure. Cet appareil étoit diſpoſé dans une température moyenne. Le troiſième jour le mercure commença à s'élever dans le tuyau, & le remplir juſques aux $\frac{2}{3}$. Mais le jour ſuivant après pluſieurs différentes oſcillations, il n'occupa plus que le tiers du tube, & il y reſta ſtationnaire deux mois entiers. Pendant ce temps, l'on obſervoit une ſorte de calcination qui ſe manifeſtoit par des particules ocracéees. Après les deux mois écoulés, l'on a filtré l'eau par un papier, & cette eau ayant été éprouvée, elle n'a nullement changé la couleur du tourneſol.

L'alkali phlogiſtiqué, ni la teinture de noix de galle n'y ont fait paroître aucun ſigne de la préſence du fer (A). La limaille réunie & ſéchée, peſoit 182 liv.

(A) Peut être que ſi l'on eût agité cette eau avec de l'air phlogiſtiqué, que la noix de galle auroit donné la couleur pourpre, violette ou noire. Le phlogiſtique ne ſe deplace que par l'impulſion de l'air atmoſphérique, ou celui extrait des ſubſtances.

elle formoit une poudre noire attirable à l'aimant, mêlée d'environ 3 liv. de parcelles ocreuſes. L'on appercevoit aux parois de la cucurbite quelques taches ocracées qui y étoient adhérentes.

Ces expériences prouvent que l'eau dans un vaiſſeau clos n'eſt pas ſans action ſur le fer; mais que l'air enfermé avec l'eau, a éprouvé une condenſation d'environ $\frac{1}{500}$; car le premier volume d'air étoit égal à 2528 liv. d'eau, & le ſecond à 2523 liv.

258e. EXP. Trente-deux quintaux de fer crud d'Hallefors ſuperſaturé de phlogiſtique, mêlés avec 32 quintaux de ſoufre & 4 quintaux d'eau chaude, ont été placés ſur une aſſiette de porcelaine. Au bout de trois minutes, ce mélange exhaloit une fumée très-viſible qui ceſſa après 45 minutes de durée. La ſuperficie de la matière étoit rembrunie.

259e. EXP. Pareille quantité de limaille de fer crud d'Huſaby, traitée de la même manière, a produit le même effet avec un peu plus de chaleur.

260e. EXP. Le même poids de limaille de fer battu d'Oſterby, a produit après 15 minutes une fumée qui a duré cinq quarts d'heure. La chaleur a commencé à décroître après 45 minutes. La maſſe étant refroidie, étoit d'un jaune rembruni.

261e. EXP. Un poids égal de limaille de fer battu de Norrberk caſſant à chaud, au bout de 12 minutes, a fait paroître de la fumée qui a été ſenſible pendant plus de cinq quarts d'heure. Le *maximum* de la chaleur n'a commencé à décroître que long-temps après la 45e minute. La maſſe étoit noirâtre au dehors.

262e. EXP. Même poids de limaille de fer battu de Braas caſſant à froid, a exhalé d'abord de la fumée qui a continué 75 minutes. Le plus haut degré de la chaleur a été après 45 minutes. La maſſe étoit d'un jaune rembruni.

Dans chacune de ces expériences qui ſe faiſoient enſemble

enſemble & dans le même lieu. Les maſſes ſe crevaſſoient ; mais aucune n'a produit de flamme, même celle qui exigeoit au moins une livre de fer.

Ces expériences préſentent une différence graduée, mais elles ne tournent pas à l'avantage de notre projet. Nous voulons détruire l'atteinte qu'elles nous portent en ſuivant une autre route.

(B) L'on ſait que le fer battu diſſous dans l'acide vitriolique produit le vitriol dans lequel les molécules ferrugineuſes ſont privées du principe inflammable réducteur. Lorſque l'on diſſout de nouveau ce vitriol, & que la diſſolution eſt expoſée dans un grand vaſe à l'air libre, l'on voit bientôt que la liqueur toute limpide qu'elle étoit, eſt troublée par des particules ochreuſes, & cet effet dure juſqu'à ce que la liqueur ſoit parvenue par pluſieurs criſtalliſations répétées à ne plus donner de criſtaux. Cette cauſe eſt expliquée ailleurs (*).

Il découle de ce fait un exemple très-lumineux d'une déphlogiſtication pouſſée au dernier terme.

L'exemple ſuivant fera connoître ce qu'il arrive dans un vaiſſeau clos, par le ſecours de la chaleur à l'eau bouillante.

263^c. EXP. Quatre quintaux de vitriol d'une belle criſtalliſation ayant été diſſous dans de l'eau, nous en avons empli le globe de l'appareil ci-devant décrit, lequel ayant été expoſé à une chaleur de 100 degrés, a enlevé à la liqueur moitié à-peu-près de ſon poids : enſuite l'autre moitié a été ſoutenue pendant un quart-d'heure à l'ébullition. Cependant la liqueur n'a plus fourni d'air, que la portion que contient ordinairement l'eau diſtillée, & cet air n'étoit nullement inflammable. La liqueur s'eſt troublée par de l'ochre

(*) Opuſcul. Vol. 1. Pag. 172.

qui s'eſt dépoſée avec abondance lorſqu'elle a été en repos. Il s'eſt dépoſé de la diſſolution du vitriol un pareil ſédiment jaunâtre ſans le ſecours de l'ébullition, mais ſeulement au 70 & 80 degré de chaleur ; dans ce cas, il ſe ſépare peu de choſe de la diſſolution. Il eſt donc bien évident que cette déphlogiſtication peut s'opérer ſans le ſecours de l'air par le ſeul effet de la chaleur, & qu'elle ne produit aucune partie d'air inflammable (R).

L'on connoît ſuffiſament ce qui réſulte de la diſſolution du fer battu de bonne qualité, précipitée par l'intermède de l'alkali. Celle du fer caſſant à chaud, produit les mêmes accidens ; mais la diſſolution du fer caſſant à froid, ſe montre avec un caractère différent.

264e. Exp. Si l'on diſſout dans l'acide vitriolique du fer battu caſſant à froid, que l'on expoſe le vaſe contenant la ſolution, à l'air libre, après quelques heures, l'on appercevera des molécules blanches qui troubleront la liqueur, & ſe dépoſeront inſenſiblement. Il faut ſéparer d'abord ce ſédiment qui ſera ſuivi d'un autre qui tirera ſur le jaune. L'on accélérera cette ſéparation par l'effet du feu.

265e. Exp. Ce ſédiment bien lavé & ſéché, conſerve ſa blancheur. Voici ſa manière d'être par la voie humide. Lorſqu'on le met dans les acides vitriolique, nitreux, muriatique, arſénical, & même peut-être avec tous les autres, il occaſionne une légère efferveſcence ; il ſe précipite de nouveau par l'effet de l'alkali

---

(R) Il n'eſt pas étonnant qu'une ſolution de vitriol de mars n'ait pas donné d'air inflammable, qui ne ſe produit que dans la diſſolution du fer par les acides. Cette ſéparation du phlogiſtique a été faite dans la compoſition du vitriol par la diſſolution de l'acide vitriolique ; & à meſure que l'eau abſorbe de la chaleur, elle dépoſe le fer en chaux privée du phlogiſtique réducteur.

fixe aéré, mais le phlogiſtiqué le colore en bleu. A peine l'alkali fixe ou volatil le diſſolvent-ils, à moins qu'il ne ſoit très-récent & encore humide.

266e. EXP. Le même traité par la voie sèche, ſe montre avec un autre caractère. Par la calcination il ne perd pas ſa blancheur, avant & après il eſt inſenſible à l'aimant. Expoſé ſur un charbon, il ſe fond à la flamme du chalumeau de l'émailleur, ſous une couleur cendreuſe. En cet état, il ne ſe diſſout qu'avec beaucoup de peine dans les acides. Traité avec le borax & le ſel microſcomique (R), il s'y unit lorſqu'ils ſont en fuſion, & produit des globules vitreuſes de couleur brune; de même que la chaux de bon fer & de celui qui caſſe à chaud. Si pendant que le creuſet eſt ardent l'on y ajoute du nitre, auſſitôt le ſédiment blanc produit une fumée brune. Si l'on y verſe à pluſieurs repriſes de l'acide nitreux, la couleur blanche ſe change en roux rembruni.

267e. EXP. Afin de pouvoir déterminer la quantité de bonne chaux, nous avons pris 255 liv. de ce même fer caſſant à froid. Après les avoir fait diſſoudre dans l'acide vitriolique, & par l'évaporation l'avoir réduit en criſtaux, dont nous avons obtenu 938 liv. ce vitriol a été fondu dans l'eau & précipité par l'alkali fixe, ſous la forme de chaux ferrugineuſe.

200 liv. de cette chaux miſe avec de la poudre de charbon dans un creuſet ont produit 116 liv. de régule lequel refondu avec le quart de ſon poids de chaux

---

(R) Sel eſſentiel d'urine. J'ai rendu le terme dont s'eſt ſervi l'auteur, par le mot françois. Mais en vérité les Chymiſtes devroient bien s'attacher à ne pas introduire dans leur langage des termes qui ne préſentent aucune idée de ce qu'ils expriment. La Chymie eſt déja aſſez obſcure par elle-même, ſans la rendre plus inintelligible par une néologie barbare, que je vois avec chagrin s'introduire dans tous les ouvrages modernes.

martiale provenant de fer de bonne qualité, a produit 116 liv. de régule d'une parfaite ductilité.

268^{c}. Exp. Ayant amaſſé du ſédiment produit par le procédé précédent, & provenant de la dernière leſſive qui étoit incriſtalliſable, après l'avoir deſſéché par l'évaporation & l'avoir calciné, il a pris une couleur rouſſâtre produite par l'effet de la chaux provenant de bon fer.

74 liv. de cette chaux révivifiée en métal, ont produit 40 liv. de régule, lequel ayant été refondu ſuivant l'uſage ordinaire avec de la chaux de bon fer, s'eſt trouvé diminué de 12 liv., & avoir acquis dans un très-grand degré la fragilité à froid.

Ces quatre dernières expériences prouvent clairement que la chaux blanche du fer, eſt la cauſe de ſa fragilité à froid. Nous concluons que cette chaux contient plus de phlogiſtique, que l'ordinaire qui eſt ou jaune ou d'un brun rouſſâtre; puiſqu'après l'ignition, elle ſe diſſout facilement dans les acides, même l'acéteux & le nitreux, (exp. 205. 247), & qu'étant traitée avec le nitre, elle donne des vapeurs rouſſes, & qu'étant imbibée pluſieurs fois d'acide nitreux, & enſuite rougie au feu, elle devient rouſſe, (exp. 266).

Cependant l'on voit clairement que cette chaux blanche qui ſe précipite après la première évaporation, & celle qui reſte dans la dernière leſſive, a beſoin d'une plus forte doſe de phlogiſtique réducteur, tant pour la ſoutenir plus long-temps dans les acides, & la faire criſtalliſer, que pour la révivifier en état de métal, (exp. 31. 32). Au ſurplus, nous n'avons pas étudié plus à fond la conſtitution de cette chaux, par l'impoſſibilité de faire ſur ce ſujet un plus grand nombre d'expériences (R).

(R) J'ai obtenu un ſédiment blanc des mines de fer ſpathique du Dauphiné; mais étant expoſé à l'air, il verdit, puis prend une couleur brune rouſſâtre.

(C) Afin de tenter la déphlogiſticatiou de la chaux de fer par les intermèdes les plus efficaces connus juſqu'alors, nous avons operé par la méthode ſuivante.

269e. Exp. Un quintal de fer battu d'Oſterby a été diſſous dans un vaſe de verre par l'acide nitreux ; enſuite la diſſolution a été deſſéchée par l'évaporation. L'on a remis du nouvel acide & deſſéché, & l'on a continué ces deux opérations alternativement juſqu'à ce qu'il y ait eu 28 quintaux d'acide abſorbés. Enfin, la maſſe a été deſſéchée au feu. D'abord, les vapeurs qui en ſortoient, étoient rouges & abondantes, & elles ont continué, juſqu'à ce qu'il y ait eu huit quintaux d'évaporés ; enſuite il n'en a plus paru de veſtiges : la gravité ſpécifique étoit 1,268.

Le réſidu avoit acquis le poids de 139 liv., ce qui demontre un accroiſſement de 39 liv. Il a été expoſé pendant dix jours conſécutifs avec de l'acide de ſel déphlogiſtiqué, après lequel temps il n'a pas été poſſible d'appercevoir aucun changement, ni dans ſa forme ni dans ſa couleur.

La fonte de fer caſſant à froid, qui reſte long-temps expoſée à un grand degré de chaleur, ſans communication avec l'air ni le phlogiſtique, paſſe de l'état de régule, à celui d'une ſubſtance blanche, filamenteuſe, ſouple, que j'ai nommée dans mes Mémoires, amiante ferrugineux. Cette ſubſtance diffère du précipité blanc que M. Bergman a obtenu, en ce que l'amiante ferrugineux n'eſt point ſoluble dans les acides ; mais il eſt ſuſceptible de révivification par un feu très-intenſe, & avec le concours du phlogiſtique réducteur.

Je ne peux être du ſentiment de M. Bergman ſur la nature de la chaux blanche, qu'il dit contenir plus de phlogiſtique que la chaux jaune ou brune du fer. Je penſe au contraire, qu'elle en contient moins, & c'eſt par cette raiſon qu'il lui en faut ajouter davantage pour la révivifier. C'eſt plutôt le principe de la chaleur qui domine dans cette chaux, que le phlogiſtique qui eſt le principe colorant dont elle eſt depourvue.

270e. EXP. Nous avons traité par le même procédé un quintal de fer battu de Norrberk ; il en eſt réſulté les mêmes effets : le réſidu qui avoit acquis un accroiſſement de poids de 37 $\frac{1}{2}$ liv., a été de même mis avec l'acide du ſel marin déphlogiſtiqué.

271e. EXP. Un quintal de fer battu de Braas caſſant à froid, tourmenté de même, a montré les mêmes accidens, tant avec l'acide nitreux, qu'avec l'acide muriatique déphlogiſtiqué. Le poids total du réſidu étoit de 140 liv.

Les réſultats des précédentes expériences, font aſſez ſentir, que quoique le fer perde ſouvent un peu plus que ſon phlogiſtique réducteur (exp. 263). cependant il n'a pu être dépouillé par les intermèdes employés juſqu'à préſent, du phlogiſtique coagulant, de façon à faire connoître ſon acide radical. Mais cette opiniâtreté ne m'effraie pas, un travail perſévérant briſe tous les obſtacles. Cherchons avec une application infatigable des moyens plus puiſſans, & peut-être pourrons-nous eſpérer de découvrir non-ſeulement l'acide radical du fer, mais encore celui des autres métaux.

SECTION XI.

Du Magnétiſme.

L'ANTIQUITÉ la plus reculée a reconnu l'empire du magnétiſme ſur le fer. Ne pourroit-on pas douter que ce métal fût le ſeul qui eût cette propriété? Le *Nicolo*, nickel (A), n'a pu être entièrement dépouillé de cette tendance, & même, lorſqu'il eſt bien puri-

(A) C'eſt mal-à-propos que l'on appelle Nicolo le régule de nickel, par une fauſſe alluſion à Nicolas ou Niclais, nom d'homme. Le mot Nickel répond à *pſeudo*, faux, & on l'a

ſié, il exerce ſa puiſſance magnétique, enſorte qu'une moitié de ſon régule attire l'autre (*).

De plus, le cobalt & la manganaiſe ne perdent qu'avec beaucoup de peine l'affinité qu'ils ont avec l'aimant. M. Bergman nous apprend qu'il y a beaucoup d'autres ſubſtances qui ont de la tendance au magnétiſme.

Mais nous renvoyons à un autre temps les expériences néceſſaires pour examiner ces corps avec plus d'attention, afin d'accélerer celles qui ont plus de rapport à notre projet.

Nous ſavons que le fer battu, non-ſeulement eſt attirable par l'aimant, mais encore qu'il peut par pluſieurs moyens acquérir lui-même la même vertu. Nous voyons même qu'il y a pluſieurs eſpèces de mines de fer, ſur-tout parmi celles de Suède, qui ſont ſenſibles à l'aimant, ce qui a donné lieu à cette queſtion. Les mines de fer qui ſont attirables contiennent-elles du fer qui ait le caractère propre du fer battu, enfin y a-t-il du fer natif ? ce dont beaucoup doutent encore aujourd'hui (S)

---

appelé long-temps Kupfer-nickel, faux-cuivre; parce qu'on prenoit cette ſubſtance métallique pour une eſpèce de cuivre dénaturé. Ce Nickel a des rapports avec le fer par ſa propriété magnétique; mais il en diffère eſſentiellement par toutes ſes autres propriétés.

(*) Opuſcul. Vol. II. pag. 242.

(S) Il y a un très-petit nombre de mines de fer qui ne ſoient ſenſibles à l'aimant, excepté celles qui ſont totalement réduites en chaux par l'air & l'eau provenant de la diſſolution des pyrites. Mais il ne ſuffit pas qu'une mine de fer ſoit attirable à l'aimant pour déterminer à croire que le fer qu'elle contient ſoit dans l'état métallique. Toute mine de fer que l'on expoſe au feu entre des charbons ardens, contracte la propriété d'être attirable à l'aimant, quoiqu'elle ſoit dans un état pulvérulent, ſans avoir aucune des propriétés métalliques. La matière de la

Dans ce qui précéde, nous avons employé un moyen qui peut réſoudre ce problême (ſection III. A).

272ᵉ. EXP. Un quintal d'æthiops martial totalement attirable & ſoluble dans les acides, ayant été mis dans un matras ſur le feu, avec de l'acide de ſel marin, n'a donné que trois pouces cubes d'air inflammable.

Ceci prouve que tout fer attirable, non-ſeulement n'a pas les propriétés du fer battu, mais auſſi qu'il diffère beaucoup du fer crud : c'eſt pourquoi le nom de fer natif ne convient à aucune eſpèce de mine attirable à l'aimant, & même l'aimant naturel ne contient peut-être jamais du fer parfait, ce qui eſt confirmé par l'expérience ſuivante.

273ᵉ. EXP. De l'æthiops martial imbibé d'huile de lin, en quantité ſuffiſante pour pouvoir le pétrir & en former un parallélipipede, lequel ayant été deſſéché par une lente & douce chaleur, a été placé entre les poles de deux aimants naturels garnis de leurs armures. Après un certain temps écoulé, nous avons reconnu que cet æthiops avoit acquis la vertu magnétique.

Nous ſavons que l'ochre bouillie dans de l'huile, étoit devenue très-attirable; mais à peine & à grande peine même, le fer contenu dans l'ochre peut-il par ce moyen recouvrer un ſupplément de phlogiſtique

---

chaleur ne l'a pas aſſez pénétré, pour la conſtituer métal. Il ſuffit qu'elle ait reçu une première impreſſion du phlogiſtique pour être ſenſible à l'aimant; & l'aimant lui-même qui eſt un genre de mine de fer, n'eſt nullement dans l'état métallique.

Quoique en général le fer, & plus particulièrement l'acier ſoient ſuſceptibles d'acquérir la propriété magnétique; il y a des qualités d'acier qui ſont bien plus faciles à aimanter les unes que les autres; j'ai vu des Phyſiciens ne pouvoir venir à bout de tranſmettre la vertu magnétique à une ſorte d'acier; tandis qu'ils rendoient d'autres très-puiſſans.

néceſſaire pour lui reſtituer complétement ſa forme primitive. Il en arrive autant à l'ochre mélangée avec du verre, de la craie, du plâtre, de la poudre de charbon, ou avec toute autre matière dont on fait uſage pour luter les vaiſſeaux qui ſont expoſés à une longue & vive chaleur, crainte qu'ils ne fondent; alors il eſt évident que l'ochre tire de la décompoſition de la matière de la chaleur, du phlogiſtique qui la rend attirable; mais l'on ne peut guère eſpérer une parfaite réduction par la voie de la fuſion, ſans ajouter du principe inflammable.

Si dans l'expérience qui a été ci-devant décrite, on ſature l'huile d'une ſuffiſante quantité de plomb, il ſuffit pour ſècher la maſſe, de l'expoſer à ſix pieds de diſtance du feu, alors tout le travail peut s'exécuter en cinq heures de temps (*).

Ces faits nous forcent de convenir, que pour que le fer obéiſſe à l'attraction de l'aimant, il a beſoin d'une certaine doſe de phlogiſtique, mais bien moindre que celle qui lui eſt néceſſaire pour acquérir la métalléité complete.

Il nous paroît au reſte, que l'on ne peut plus douter que les phénomènes du magnétiſme procèdent d'un certain fluide très-ſubtil. Il faut chercher ſoigneuſement les regles de ſon mouvement & de ſon action.

Des expériences connues & publiées, démontrent

(*) Voici la méthode dont s'eſt ſervi le Docteur Knigth pour compoſer des aimans ſi puiſſans, qu'étant poſés ſur une table, ils ſe dirigeoient d'eux-mêmes au méridien du lieu. Mais au lieu d'æthiops martial, il emploie de la poudre très-fine d'acier, préparée avec de la limaille d'acier introduite dans un tube de bois avec de l'eau fortement agitée pendant long-temps. Ce travail eſt très-rebutant.

Cel. Wilſon a publié ce procédé dans les tranſactions philoſophiques, année 1779.

que le magnétiſme a une analogie & un rapport ſurprenant avec le fluide électrique (1. *).

Ce que nous allons dire ſur ce ſujet, mérite la plus grande attention.

Nous avons obtenu du colcotar de vitriol, une terre blanche très-attirable à l'aimant (V), ſans y employer l'acide vitriolique, comme Lémeri (2*), ni l'acide nitreux, comme Muſchenbrock (3.*)

Tels ſont les progrès que nous avons faits juſqu'alors dans l'analyſe du fer ; & quoique ce travail ſoit encore très-imparfait, nous oſons eſpérer qu'il pourra ne pas être inutile, pour fonder & appuyer une théorie naturelle, ni infructueux pour éclairer & perfectionner la pratique des grandes manufactures.

Il ne nous reſte actuellement qu'à faire la comparaiſon de nos expériences avec celles des autres ſavans, qui, pour la plupart, ont employé diverſes ſortes de procedés. Mais les bornes d'une diſſertation académique, que nous avons déja beaucoup paſſées, nous forcent de nous arrêter ici. Nous citerons cependant en paſſant, quelques-unes des plus importantes qui jettent un grand jour ſur les inductions que nous

---

(1. *) Cel. Æpin. Eſſais ſur la théorie de l'électricité & du magnétiſme.

(V) L'on trouve de l'aimant naturel de couleur blanche. M. Bergman ne donne point ici le procedé par lequel il tire du colcotar cette terre blanche attirable à l'aimant, & qui diffère, à ce qu'il paroît, eſſentiellement de celle que ce ſavant dit avoir tirée du fer caſſant à froid, laquelle n'eſt point attirable à l'aimant, même après la calcination. Mais ſi cette dernière calcination a été faite ſans le contact immédiat des charbons, il ne feroit pas étonnant que le précipité blanc n'eût pas acquis la propriété d'être attirable.

(2. *) Mémoires de l'Académie des ſciences de Paris.

(3. *) Diſſertation ſur l'aimant.

avons tirées, & confirment nos concluſions. Telles ſont celles du célèbre Réaumur, lequel en cémentant du fer crud & de l'acier dans du ſafran de mars, a trouvé que la ſuperficie devenoit ductile, & nous ſommes venu à bout avec ce ſafran de mars, de convertir toute la maſſe par la fuſion.

Ce très-ingenieux Phyſicien a obtenu un adouciſſement un peu moindre, il eſt vrai, par le moyen de la craie, de la chaux vive, des ſels fixes alkalins & pluſieurs autres matières. Il a fait ſur cet objet, un très-grand nombre d'autres expériences toutes dignes d'attention, & les a répétées avec le plus grand ſoin pour parvenir à la connoiſſance des vraies cauſes (*).

D. Rinman a découvert que le fer crud ſuperſaturé de phlogiſtique, après avoir été cémenté avec de la poudre de pierre calcaire, étoit ſoluble dans l'acide nitreux, ſans laiſſer de réſidu. Il aſſure qu'il eſt parvenu à décompoſer de même la plombagine ſans aucune fuſion; mais ſeulement en tenant le fer rouge pendant 14 jours conſécutifs dans des vaiſſeaux parfaitement ſcellés. Il a obſervé que le fer battu de Grangen, s'étoit couvert d'une croûte calcinée facile à détacher avec le marteau; qu'il avoit perdu plus de $\frac{32}{100}$ de ſon poids, & qu'il étoit devenu plus fragile qu'auparavant : que le fer ductile avoit perdu par le même procédé plus de $\frac{22}{100}$, ſans avoir égard au caractère du fer qui en eſt réſulté : que l'acier préparé par le corroyement, avoit perdu $\frac{21}{100}$, & celui fait par la cémentation, $\frac{24}{100}$, le fer crud bon $\frac{26}{100}$, & avoit acquis à l'extérieur la qualité du fer ductile; qu'ayant cémenté le même avec de la poudre d'os calciné, il s'eſt de même radouci à la ſuperficie; mais, qu'il n'avoit perdu que $\frac{15}{100}$ de ſon poids (*).

(*) L'art d'adoucir le fer fondu.

(*) Traité ſuédois qui a pour titre Anledning, tel Kunskap, om grofvare, jarn-och, Stal-foradling.

Nous regrettons beaucoup que ce grand Maître dans l'art de traiter le fer, n'ait pas encore publié l'hiſtoire de ce métal, laquelle comprendra ſans doute une immenſe quantité d'obſervations & d'expériences de la plus grande importance, pour connoître la nature de ce métal.

Tout récemment, Ch. Meyer a décrit dans les actes de l'Académie de Berlin, diverſes expériences qui jettent beaucoup de jour ſur la nature du fer. Il a obſervé que le fer ductile fondu de nouveau avec de la poudre de charbon, augmentoit de poids. Dans notre expérience N°. 107, nous avons trouvé au contraire une diminution, laquelle ſans doute procède de quelque cauſe particulière. Par le procédé que nous avons employé, le régule a paru brûlé à ſa ſuperficie. L'expérience n'a été tentée qu'une ſeule fois; mais le docteur Meyer a répété pluſieurs fois la même expérience ſur de plus grandes maſſes, & conſtamment il a obtenu une augmentation de poids dont nous ne doutons point, quoiqu'il contrarie nos corollaires, juſqu'à ce que dans un moment de loiſir nous puiſſions nous livrer de nouveau au même travail (V).

Nous paſſons ſous ſilence d'autres expériences de divers ſavans, parce qu'elles ont un rapport moins direct à celles qui compoſent l'enſemble de cette diſſertation.

(V) L'obſervation de l'Auteur prouve en faveur de notre ſentiment ſur toutes les opérations & les eſſais, combien il eſt dangereux d'opérer ſur des minicules, & combien l'on doit plus de confiance à des opérations faites ſur des maſſes conſidérables qui détruiſent l'illuſion microſcopique, & fondent des baſes ſolides de théorie & de pratique dans les arts.

APPENDICE,

CONTENANT

Des Obſervations particulières du Traducteur.

J'AI cru qu'il ſeroit très-avantageux de réſumer les nombreuſes expériences répandues dans la diſſertation de M. Bergman, de les concentrer dans des tableaux, pour que d'un coup d'œil on puiſſe juger les rapports & les oppoſitions ; enfin, en tirer les conſéquences qui doivent en réſulter.

Je me ſuis fait une loi de laiſſer dans le cours de la traduction, chaque choſe à la place aſſignée par l'auteur, & d'y laiſſer ſubſiſter les poids & les meſures de Suède. Mais dans cet extrait, j'ai converti tout ce qui en étoit ſuſceptible, en poids de marc & en meſure du pied-de-roi, obligation indiſpenſable que doit remplir tout traducteur, s'il veut être utile.

Nous avons pluſieurs excellens mémoires de feu M. Jars, ſur les forges de Suède & d'autres royaumes dans leſquels il a voyagé aux frais du Gouvernement. L'Académie a publié la traduction de Swedenbord, médecin ſuédois, qui a donné une deſcription de divers travaux du fer. J'ai voulu inutilement puiſer des connoiſſances dans ces auteurs ; j'ai toujours été arrêté par les meſures & les poids qu'ils ont laiſſé ſubſiſter avec les dénominations & les valeurs uſitées en Allemagne, en Saxe, en Pologne, en Suède, en Ruſſie & en Angleterre. Quelle lumière peut tirer un maître de forge, françois, de la lecture

d'un ouvrage dans lequel l'auteur lui annonce que l'on fait de bonne ſonte, en employant dix koppers de minerai, avec trois fuders de charbon, & qu'un fourneau peut en produire par jour neuf ſchiffunds? Rien n'eſt plus facile que d'éviter ces bigarures, & ces monſtruoſités dégoûtantes.

Il faut que ceux qui voyagent pour acquérir des connoiſſances, afin de les tranſmettre, ayent avec eux des matrices juſtes des meſures & des poids de leurs pays, pour les comparer avec les meſures étrangères, & qu'ils ne s'en rapportent qu'à eux pour les réductions. Dans un même royaume, les meſures & les poids varient à l'infini; & quel eſt le royaume où ces caricatures ſoient plus multipliées qu'en France? Dans la ville ſeule de Grenoble en Dauphiné, il y a cinq poids différens, trois aulnes & deux pieds. J'ai beaucoup parcouru nos différentes provinces, d'abord de mon propre mouvement & pour mon inſtruction, enſuite par ordre du Gouvernement. J'ai toujours avec moi un néceſſaire qui n'eſt pas celui d'un petit-maître. Il renferme une bouſſole, un thermomètre, un calibre avec des diviſions très-multipliées, un hydromètre, un étui complet de mathématique, un marc de quatre livres avec ſa balance qui ſert auſſi de balance hydrauſtique, un trébuchet pour des eſſais, une romaine qui porte près d'un quintal, & qui tient dans une tabatière, des acides de tous les genres, des diſſolutions métalliques, des alkalis, des limes, des burins, des loupes, un aimant, &c. Tout ce néceſſaire phyſique eſt contenu dans un demi-pied cube qui lui ſert d'étui. Dans tel lieu que j'arrive, je peux opérer, ſans recourir à de mauvais inſtrumens, & à des poids & meſures dont je ne connois pas la valeur ni la juſteſſe, & le rapport avec les meſures fondamentales qui doivent être unes, comme la monnoye & la livre de convention

pour les comptes. L'on a pluſieurs fois ſollicité la réduction des poids & meſures à l'unité. Ces velléités ont expiré en naiſſant. Les gens honnêtes & ſenſés le deſirent & en connoiſſent la néceſſité, les frippons s'y oppoſent. Les gens qui n'ont qu'une opinion paraſite, diſent que cela n'eſt pas poſſible. Je crois que cette opération eſt auſſi facile, & plus néceſſaire, que d'accorder tous les violons de l'Europe, ſur l'*ut* ou le *ſol* de l'opéra, au moyen d'un diapazon d'acier, ou d'un ſifflet. Mon zèle m'a fait faire une excurſion : je reviens à mon ſujet.

Le premier tableau préſente le réſultat de cent ſeize expériences, pour connoître la quantité d'air inflammable, & les degrés de chaleur, produits par les diſſolutions du fer, en ſes divers états, dans les trois acides minéraux. J'ai rangé diſtinctement les fers ductiles, les caſſants à chaud, les caſſants à froid, pour aider l'obſervateur.

Ce tableau eſt compoſé de ſix colonnes principales. La première réunit trois lignes perpendiculaires de chiffres qui indiquent les N^{os}. des expériences de M. Bergman, & qui correſpondent aux acides employés. Les différentes ſortes de fonte, fer & acier, ſont énoncées dans la ſeconde colonne. La troiſième eſt diviſée en deux ſéries de chiffres. La 1re. déſigne les pouces cubes d'air, produits par l'acide vitriolique, la 2e. déſigne la durée des diſſolutions par minutes. La quatrième colonne eſt compoſée comme la précédente, pour marquer les effets de l'acide marin. La cinquième donne le nombre de pouces cubes d'air produit par l'acide nitreux. La ſixième enfin, déſigne les degrés d'aſcenſion du thermomètre, qui annonce la chaleur produite par la diſſolution du fer dans l'acide nitreux.

Je dois prévenir que tout eſt diviſé & exprimé en décimales : ainſi, lorſqu'il eſt dit à la colonne de

l'air inflammable 56,9. Ces chiffres expriment 56 pouces cubes d'air, & 9 dixièmes d'un pouce cube; enſorte que par tout, le dernier chiffre à droite qui eſt ſéparé par une virgule, marque des dixièmes de pouces cubes, ou de degrés, ou de livres, ou grains, ſuivant les différens objets dont il eſt queſtion.

PREMIER TABLEAU des expériences qui font c noître par la diſſolution du fer dans les trois acides minéraux, quantité de pouces cubes d'air inflammable, contenu dans grains de fer, dans différens états, & les degrés de chaleur qu réſultent dans l'acide nitreux ſeulement. Le tout réduit au po & meſure de Paris, en obſervant rigoureuſement le rapport ceux de Suède.

Nos. des Expériences.	Sortes de Fonte, Fer & Acier. Fer doux ductile à chaud & à froid.	Air inflammable. Acid. vitriol. Pouces. Min.	Acide marin. Pouces. Min.	Ac. nit. Pouces.	Cha Deg
1.34. 65.	Fonte noire de Leufſtad.	56,9...45...	56,9...40...	43,6...	28,
2.35. 66.	Fonte griſe de Leufſtad....	51,6...45...	51,6...30...	38,3...	11,
3.36. 67.	Fer de Leufſtad..............	66,1...15...	66,1...10...	39,7...	67,
4.	Fer de Leuſtad fait dans un creuſet....................	67,7...25...			
5.37. 70.	Fonte d'Akerby............	50,2...50...	50,2...30...	34,4...	
6.38.	Fer d'Akerby................	63,5...15...	63,5...10...		
71.	Le même dans l'eau tiède.			38,3...	
72.	Le mêmedansl'eau chaud.			26,4...	
73.	Le même dans l'eau bouillante..........................	...		19,7...	
7.39. 68.	Fonte d'Ullfors...............	54,2...45...	54,2...25...	39,7...	
8.40. 69.	Fer d'Ullfors..................	66,1...15...	66,1...10...	39,7...	
9.	Fer d'Ullfors, avec le double d'acide vitriolique.	66,1...15...			
10.	Le même diſſous à l'eau tiède..........................	66,1..........			
11.41. 74.	Fer d'Oſterby..............	63,5...15...	63,5...10...	23,8...	75
75.	Le même à la chaleur de l'eau tiède..................			31,7...	
12.43.	Acier cémenté du fer d'Oſterby....................	60,8...15...	68,8...10...	23,8...	68

Aci

N°s. des Expériences.		Sortes de Fonte, Fer & Acier.	Air inflammable. Acide vitriol. Pouces.Min.	Acide marin. Pouces.Min.	Ac.nitr. Pouces.	Chaleur Degrés.
		Fer doux ductile à chaud & à froid.				
13.		Acier d'Oſterby trempé.	60,8...30...	[illegible]8,8. 10...		
14.44.		Fonte de Formark.........	52,9...55...	52,9...25...		11,0...
15.45.		Fer de Formark............	67,5...15...	67,5...10...		73,9...
16.46.		Acier de Formark, recuit ou trempé..................	63,5...10...	93,5...10...		50,7...
20.50.	76.	Fonte d'Halleſors noire...	63,5...15...	63,5...10...	43,6...	18,7...
21.51.		La même refondue dans un creuſet..............	56,9...45...	56,9.....5...		28,7...
	77.	La même à l'eau tiède...			39,7...	
	78.	La même à l'eau bouillante........................			37,0...	
	79.	Fonte d'Halleſors blanche, à l'eau tiède.......			45......	
	80.	La même à l'eau bouillante............................			42,3...	
		Fer caſſant à chaud.				
26.55.		Fer de Norrberk..........	63......10...	63.......10...		71,7...
	81.	Le même à la chaleur de l'eau tiède.................			25......	
	82.	Le même à l'eau bouillante................................			18,5...	
		Fer caſſant à froid.				
17.47.		Fonte de Brattfors...........	54,2...20...	54,2...10...		20,9...
18.48.		Fer de Brattfors............	67,5...10.–	67,5.. 10...		67,2...
19.49.		Fer natif de Sibérie........	47,6...240.	64,8...70...		
22.52.		Acier d'Angleterre refondu..............................	59,5...12...	59,5.....5...		62,5...
23.53.		Acier cémenté de M. Quiſt..............................	60 8.....6...	60,8.....4...		57,4...
24.		Fonte d'Ingelvick, avec manganaiſe................	54,2,..90...			
25.54.		Acier d'Ingelvick...........	62,2...15...	62,2...10...		
27.56.		Fer de Grangen...............	67,5.....8...	67,5.....4...		73,9...
28.57.	83.	Fonte d'Huſaby...............	63,5...30...	63,5...45...	34,0.	23,1...
29.58.		Fer d'Huſaby................	66;1.....6...	66,1.....4...		68,3...

N°s. des Expériences.	Sortes de Fonte, Fer & Acier. Fer caſſant à froid.	Air inflammable. Acide vitriol. Pouces. Min.	Acide marin. Pouces. Min.	Ac. nitr. Pouces.	Chaleur Degrés
30.59. 84.	Acier cémenté d'Huſaby.	58,2,..25...	58,2...20...	42,3...	40,8...
85.	Le même à l'eau bouillante...			39,7,..	
31.60.	Fer de Braas.	68,8...25...	68,8.....4...		68,3...
32.61.	Rendu ductile par la pierre calcaire.	63,5..20...	63,5....8...		68,3...
33.	Rendu caſſant par le ſafran de mars.	68,8..20...	68,8....8...		80,5...
62.	Rendu ductile par le charbon		59,5..45...		
63.	Fonte de Braas refondue avec du verre		59,5..50...		57,7...
64.	La même fondue avec du plomb calciné		56,9.120...		
160.	Acier de Daly, chargé de manganaiſe				42,6...
170.	Acier fait par la ſimple fuſion				47,4...
272. 171.	Æthiops martial	3,2.......			0,6...
172.	Terre calcaire.				6,5...
173.	Chaux vive.				77,1...

L'on voit par les trois derniers produits, que la terre calcaire contient bien peu de chaleur, & combien elle eſt ſuſceptible d'en recevoir par le feu qui la réduit en chaux, puiſqu'elle en contient treize fois plus, que lorſqu'elle eſt naturelle. L'æthiops martial eſt dans l'état de la pierre calcaire. L'eau lui a enlevé ſa chaleur principe, il ne lui en reſte qu'une très-foible portion, à la faveur du peu de phlogiſtique qu'il a retenu, & qui lie encore quelques unes de ſes parties.

Je vais donner dans un ſecond tableau, un réſumé général des termes moyens du produit des nombreuſes expériences préſentées dans le précédent tableau, tant de l'air inflammable & nitreux, que de la chaleur extraite du fer dans ſes divers états, par l'intermède des acides.

SECOND TABLEAU.

Nos.	Divers Etats du Fer.	Air inflammable. Pouces. Min.	Pouces. Min.	Pouc.	Chaleur Degrés.
..1..	Fonte de fer doux.	53,1..48..	53,1..30..	39,9.	28,0...
..2..	Fonte de fer caſſant à froid.....	58,9..27..	58,9..17..	34,6.	11,0... 21,0...
..3..	Fer ductile.........	65,5..17..	65,5..10..	35,5.	69,7....
..4..	Fer caſſant à chaud.	63,0..10..	63,0..10..	25,0	717....
..5..	Fer caſſant à froid.	67,5...12..	67,5.....5..	43,6.	69,4...
..6..	Acier recuit ou trempé...........	63,1..$16\frac{2}{6}$.	63,1..10..	42,3.	53,1..
..7..	Fer natif de Sibérie................	47,6..240.	64,8..70.		
..8..	Æthiops martial..	3,2.........			0,6...
	Termes moyens & généraux, en exceptant le fer natif de Sibérie, & l'æthiops martial..............	61,8..$21\frac{2}{3}$..	61,8..13..	36,8.	54......

L'on voit par le tableau de ces diſſolutions, que le fer produit rigoureuſement autant d'air inflammable dans l'acide vitriolique, que dans le muriatique, reſpectivement à ſes différens états ; & ſi M. Bergman ne méritoit pas une confiance auſſi abſolue, l'on ſeroit tenté de croire qu'il y auroit eu quelques diſparités dans un ſi grand nombre d'expériences qui ont varié en plus ou en moins, dans chaque eſpèce, rélativement à la durée de l'action.

L'acide nitreux a produit une bien moindre quantité d'air nitreux, que les deux autres acides, & cette différence eſt en rapport, en général, 37 : : 60. Ce qui procède ſans doute de ce que les acides vitriolique & muriatique contiennent une plus grande quantité de phlogiſtique, que l'acide nitreux ; & que ce dernier en abſorbe qui ſe combine avec lui.

Quoique l'acide vitriolique & l'acide marin pro-

duiſent autant d'air inflammable l'un que l'autre, ils agiſſent ſur le fer en des temps très-inégaux, ce qui prouve une action ou une affinité plus particulière de l'acide marin, laquelle eſt en rapport avec celle de l'acide vitriolique; 13 :: 20,2.

L'on voit que le fer natif de Sibérie s'eſt très-écarté du réſultat des différentes ſortes de fer fabriqué par l'art. 1°. Il donne moins d'air inflammable qu'aucun état du fer. 2°. Il en donne plus dans l'acide marin que dans le vitriolique. Ce dernier le diſſout très-lentement & très-difficilement.

Nous croyons que ces différences procèdent de la combinaiſon du fer natif de Sibérie, qu'il contient des parties vitrifiées qui enveloppent les molécules ferreuſes, & que c'eſt plutôt une eſpèce de récrement, qu'un métal. L'on voit que le fer réduit en æthiops martial, n'a produit que trois pouces d'air; parce qu'il a ſouffert une décompoſition par l'eau qui lui a enlevé une grande partie de ſon phlogiſtique, comme je l'ai obſervé précédemment.

Pour rendre plus ſenſible le produit des expériences de M. Bergman, & faire connoître quel eſt le rapport en volume & en poids de l'air inflammable que produit le fer dans chacun de ſes états, j'ai fait un travail qui pourra n'être pas inutile aux progrès de la Phyſique. Je vais le réduire en un tableau, pour voir ces rapports ſous un coup d'œil; j'en tirerai enſuite les conſéquences qui en découlent.

Troiſième tableau qui préſente le poids abſolu d'un pouce cube de fer dans ſes différens états, ce que ce pouce cube de fer produit de pouces cubes d'air inflammable mis en rapport avec le poids ſpécifique du fer qui l'a produit; le tout calculé en grains du poids de marc, & au pouce du pied-de-roi. M. Prieſtley aſſurant que l'air inflammable eſt égal en peſanteur avec l'air atmoſphérique ordinaire, j'ai ſuivi cette donnée, & le rapport de l'eau avec l'air, comme

1::1000. J'ai pris pour terme de comparaiſon la fonte d'Hallefors diſſoute dans l'acide nitreux, expérience 34; & je vais rapporter le produit à l'acide vitriolique par comparaiſon du produit de ces deux acides qui ſont en rapport comme 40 :: 56. Et comme la fonte blanche donne 45 pouces cubes d'air nitreux par quintal de marc, néceſſairement elle en donne dans l'acide vitriolique, 63 pouces; d'où ſuit cette formule, 40, 56 :: 45 : 63.

A l'égard des fontes griſes & noires, nous avons pris leur produit d'après les expériences 1, 2, 34 & 35.

TROISIÈME TABLEAU.

Nos.	Différens Etats du Fer.	Poids d'un Pouce cube.	Pouces cubes d'air inflammable.	Poids total de l'air inflammable.	Rapport du poids de l'air avec celui du Fer.	
						Centième.
1	Fonte blanche	2418.	1333,6.	497,2.	$\frac{1}{5}+14.$	20,1..
2	Fonte griſe	2589.	1535,9.	573,3.	$\frac{2}{9}-21.$	22,0..
3	Fonte noire	2730.	1553,6.	579,9.	$\frac{2}{9}-26.$	21,2..
4	Fer ductile	2910.	1903,1.	710,4.	$\frac{1}{4}-17.$	24,6..
5	Fer caſſant à froid.	2908.	1156,8.	631,1.	$\frac{1}{4}+5.$	25,2..
6	Fer caſſant à chaud.	2899.	1826,3.	624,0	$\frac{2}{9}-20.$	21,7..
7	Acier ordinaire.	2914.	1771,7.	661,4.	$\frac{2}{9}+14.$	22,6..
8	Le même acier trempé	2910.	1762,2.	659,0.	$\frac{2}{9}-13.$	22,64
9	Acier anglois fondu & battu	2924.	1739,7.	649,9.	$\frac{2}{9}-\frac{1}{10}.$	22,2..
10	Le même acier trempé	2918.	1736,2.	648,0.	$\frac{2}{9}+0.$	22,8..

Ce troiſiéme tableau offre pluſieurs objets d'obſervation ſur chacun deſquels il convient de faire des reflexions.

En général, on voit au premier coup d'œil, que le fer en état d'acier eſt le plus peſant, ſur-tout lorſqu'il eſt corroyé & non-trempé, Nos. 7 & 9; car alors, il devient plus léger, ſpécifiquement 8 & 10.

Le fer ductile paroît enſuite le plus peſant des fers forgés ordinaires ; celui caſſant à froid, un peu moins peſans & celui caſſant à chaud, eſt le plus léger de ces trois ſortes. Il diffère aſſez notablement du poids ſpécifique des deux autres.

J'obſerve qu'il s'eſt ſans doute gliſſé un erreur dans le poids du fer ductile de deux ſortes, de Brattfors & d'Oſterby, qui ſont donnés pour être bien plus peſans, que celui de Leufſtad, qui eſt de même caractère. Nous ſommes aſſurés que le fer caſſant à froid, eſt plus peſant que le fer ductile.

Enfin, la fonte eſt infiniment plus légère que le fer & l'acier, & elle eſt d'autant plus légère, qu'elle eſt plus blanche & moins chargée de phlogiſtique. Sa peſanteur augmente à meſure qu'elle acquiert de la denſité par l'épurement de ſes parties conſtitutives, & que ſe chargeant de phlogiſtique, elle ſe rapproche plus de l'état du fer battu. Voyez la note K, page 100.

Le poids de la fonte de fer diffère infiniment plus dans ſes trois ſituations, que le fer ; puiſque la blanche diffère de 171 de la griſe, & celle-ci de 141 de la noire ; c'eſt-à-dire, de celle qui eſt ſuperſaturée de phlogiſtique. Cette dernière diffère de 169, du fer caſſant à chaud ; ce qui établit une gradation de différence qui eſt à très-peu de choſe égale entre la fonte & le fer battu, qui eſt le régule de fer, c'eſt-à-dire, du fer ſouvent criſtalliſé en gros criſtaux taillés en rhombes. C'eſt la fonte qui n'a pas aſſez de phlogiſtique pour être parfaitement ductile, & qui en a aſſez pour lui donner un commencement de tenacité.

La différence du poids de la fonte merite une ſérieuſe attention pour l'uſage qu'en fait l'artillerie : car un boulet du calibre des pièces de 48, qui a 6 pouces 10 lignes $\frac{3}{8}$ de diamètre, lequel doit peſer 48 liv., coulé avec de bonne fonte griſe : ſi ce boulet eſt coulé avec de la fonte blanche, il ne peſera que 44,6;

au lieu que s'il eſt de fonte noire, il peſera 50,6. La différence totale ſeroit de 6 liv., indépendamment des ſoufflures auxquelles la fonte blanche eſt non-ſeulement ſujette ; mais même au point de ne pas fermer le jet de la coulée.

L'on trouve dans un mémoire ſur la forge de la Noue-en-Bretagne, un procédé par lequel l'auteur prétend que l'on peut boucher une coulée creuſe, en renverſant les coquilles, ou le moule du boulet, un inſtant après qu'il eſt coulé, pour que la fonte qui eſt encore fluide au centre, vienne remplir le vuide. Il ſeroit ſans doute mieux de l'abreuver de nouvelle fonte ; mais ce moyen indiqué eſt inſuffiſant, parce que la fonte, quoique encore fluide, ne ſe ſoude point avec celle qui eſt figée. Ce procédé eſt ſûr pour faire des boulets creux, & pour tromper le Roi. Les commiſſaires chargés du rapport de ce mémoire, ont gliſſé ſur cette bévue, & l'ont deſtiné à l'impreſſion. Cette inégalité de poids ſous le même volume, produit des erreurs dans le tire des piéces. J'ai plus étendu cette obſervation dans mes Mémoires de Phyſique.

Examinons ſi la fonte de fer dans ces trois états différens, produit dans chacun une quantité d'air inflammable proportionnée à ſon poids ſpécifique. La fonte blanche No. 1er, en donne plus d'$\frac{1}{5}$ de ſon poids 20,1. La fonte griſe en donne moins de $\frac{2}{9}$ 22,0 & plus que la fonte griſe qui n'en produit que 21,2 le tout pris en général ; car dans le particulier, la fonte noire de fer ductile, produit plus d'air inflammable, Exp. 1re., que la fonte griſe de même qualité, Exp. 2e. Mais toutes les fontes de fer caſſant à froid, en ont donné infiniment plus que celles des fers ductiles, tableau 2e, page 131. M. Bergman a démontré aſſez palpablement par les expériences 86, 87, 88 & 89, rappelées pag. 27, que le phlogiſtique du fer dans ſes différens états, eſt en propor-

tion du volume de l'air inflammable que chaque ſorte produit. Il n'a employé qu'une eſpèce de fonte dans ces expériences du fer ductile, du caſſant à froid & de l'acier. Je rapporterai ces expériences à l'article du fer : il paroît cependant que la marche de la fonte n'eſt pas la même, puiſque la fonte ſuperſaturée de phlogiſtique, a moins produit d'air inflammable que la griſe, même que la blanche : ce qui ſemble prouver que l'air produit par les diſſolutions, peut être plus ou moins chargé de phlogiſtique, & que le volume d'air peut procéder de la différence de l'accès du diſſolvant ſur le métal ; ce qui eſt démontré par l'effet de l'acide nitreux qui en produit infiniment moins que ceux du vitriol & du ſel marin. La quantité d'air & de phlogiſtique dépendent donc auſſi de la nature de l'acide qui agit, ayant égard à chaque ſorte de fer qui eſt ſoumis à ſon action.

La fonte de fer produit beaucoup d'air inflammable ſans le ſecours des acides. Je vais rapporter des faits d'expériences dans les fonderies des forges, qui jetteront du jour ſur ce point de phyſique.

Dans les fourneaux où l'on coule beaucoup de moulerie en terre, l'on place les moules dans la foſſe à couler ; on les range les uns à côté des autres ; on les affermit avec du ſable très-légèrement humide que l'on preſſe fortement. Il y a quelquefois dans la même foſſe trente moules qui ſont éloignés entre eux de 2 à 3 pouces. Lorſque l'on a coulé une ou deux pièces, la fonte ardente échauffe vivement le moule voiſin qui ſe trouve tout-à-coup rempli d'air inflammable, quoiqu'il n'y ait aucune communication entre eux. On détruit cet air, en approchant des orifices un morceau de bois allumé ; alors il ſe fait une ſubite détonnation, & quelquefois pluſieurs ſucceſſives qui ſont d'autant plus violentes que les pièces coulées ont plus de volume. Il eſt néceſſaire de prendre cette

précaution, pour que l'exploſion ne ſe faſſe pas au moment auquel on introduit la fonte dans le moule; ce qui feroit éclater ſa chappe, & formeroit une flamme trop conſidérable, qui incommoderoit les fondeurs. Lorſque tout eſt coulé, il ſe fait des fentes dans le maſſif du ſable de la foſſe, d'où il ſort une flamme ſemblable à celle de l'eſprit-de-vin. Il en ſort auſſi des commiſſures des châſſis dans leſquels on coule des pièces moulées en ſable.

La fonte de fer produit de l'air inflammable ſans détonnation, & très-abondamment. Lorſque je faiſois couler à découvert ſur une couche de ſable, une pièce de fonte conſidérable, ſoit par ſon étendue, ſoit par ſon épaiſſeur, je faiſois pratiquer ſous le moule 5 ou 6 évents, c'eſt-à-dire des canaux qui ſe croiſoient en différens ſens & horiſontalement ſous le moule; ils communiquoient au dehors. Lorſque la pièce étoit coulée, on préſentoit un corps enflammé aux bouches des évents; alors il en ſortoit des lances d'une flamme vive qui duroit pluſieurs minutes avec ſifflement. L'on voit ſouvent autour d'une maſſe de fonte ardente expoſée à l'air, une flamme ambiante qui n'eſt que de l'air atmoſphérique qui ſe combine avec le phlogiſtique, & s'enflamme. Des pièces d'affinerie produiſent à-peu près le même effet, ſur-tout lorſqu'on les cingle chaudes.

Le fer battu produit plus d'air inflammable que la fonte. La proportion générale eſt 21,1 : : 23,8. Le fer caſſant à froid en contient près d'un quart de ſon poids. Le fer ductile tient le milieu, & le fer caſſant à chaud en contient le moins. La proportion entre eux eſt 25,2 : : 24,6 : : 21,6. Ces termes ſont généraux, il y a des variétés dans le particulier qui caractériſent des nuances de qualité dans la même ſorte de fer dans chaque eſpèce.

M. Bergman a cherché à découvrir la quantité de

phlogiſtique contenue dans chaque ſorte de fer, par la voie de la précipitation de l'argent vitriolifé, par le fer. D'après le réſultat de ces expériences 86, 87, 88 & 89 très-ingénieuſes, l'auteur conclud qu'il y a autant de phlogiſtique dans un pouce cubique d'air inflammable qu'il y en a dans 2,17 liv. d'acier d'Oſterby, 2,08 de fonte d'Huſaby, 2,08 de fer forgé d'Oſterby, & 1,96 de fer de Grangen, poids & meſure de Suède. Ce qui donne le produit ſuivant, pour un pied cube du pied-de-roi d'air inflammable.

Acier.	4 onces	6 gros	65 gr.
Fonte d'Huſaby caſſant à froid.	4.	5.	6.
Fer d'Oſterby ductile. .	4.	5.	6.
Fer de Grangen caſſant à froid.	4.	5.	68.
1°. Acier d'Oſterby de fer doux.	5.	7.	12,88.
2°. Fonte d'Huſaby caſſante à froid.	4.	5.	31,68.
3°. Fer d'Oſterby ductile.	4.	5.	31,68.
4°. Fer de Grangen caſſant à froid.	5.	3.	12,56.

L'on voit par ces rapports qui ſont égaux entre eux pour la fonte d'Huſaby caſſante à froid, & le fer d'Oſterby ductile, & qui différent entre la fonte d'Huſaby & le fer de Grangen, l'un & l'autre caſſant à froid, que l'on ne peut conſidérer les réſultats de ces expériences, que comme des cas particuliers qui ne peuvent faire des baſes générales & fondamentales; puiſqu'il y a eu dans la diſſolution de chaque ſorte dans chaque eſpèce, des variations de produit d'air inflammable, qui dépendent ſans doute des circonſtances & des proportions des parties conſtitutives. L'on voit que la fonte & le fer ſont égaux en rapports, & par les expériences précédentes rapportées au premier tableau, ils varient de 51 à 66 dans les

doux, & de 54 à 67 dans les fers caſſans à froid.

En reprenant les quatre expériences 85, 86, 87 & 88, avec les fractions de leur produit, & en convertiſſant les réſultats en poids de marc, je vais préſenter ce que 100 liv. d'argent contenu dans 136,8 d'acide vitriolique, ſous la forme d'argent vitriolisé, exigent de fer pour le précipiter.

Acier d'Oſterby.	27,37.
Fer ductile d'Oſterby. . . .	26,68.
Fer de Grangen caſſant à froid.	24,50.
Fonte d'Huſaby caſſante à froid.	26,28.
Terme moyen.	26,20,

D'où l'on peut conclure que 26,20 de fer neutraliſe autant d'acide vitriolique que 100 liv. d'argent; mais l'on ne peut pas conclure qu'il y ait autant de phlogiſtique dans 26,20 de fer, qu'il y en a dans 100 liv. d'argent; parce que ce dernier métal ne lâche pas ſon phlogiſtique entièrement dans les acides, puiſque ſes précipités ſe revivifient en métal ſans addition de phlogiſtique réducteur, même ſans le ſecours du feu (A).

Le fer au contraire très-peu lié au principe phlogiſtique réducteur, en eſt dépouillé par tous ſes diſſolvans; auſſi produit-il une quantité immenſe d'air inflammable dans l'acide vitriolique & celui du ſel marin.

En général, la fonte ſaturée d'une juſte doſe de phlogiſtique, produit 1535 fois ſon volume d'air

(A) J'avois de la pierre infernale dans un porte-crayon enfermé dans un étui de chagrin; la pierre ſe détacha du porte-crayon & toucha au cuir qui en abſorba l'acide. Je trouvai quelque temps après la pierre infernale revivifiée en état métallique. C'eſt ſans doute de cette manière que l'argent minéraliſé végete en cheveux ou en arbriſſeaux, dans les mines, avec ſon éclat & ſouvent la ductilité métallique.

inflammable, qui fait $\frac{2}{9}$ de ſon poids. La fonte noire en produit plus de 1550 fois ſon volume, & $\frac{2}{9}$ de ſon poids; & quoique la fonte blanche en produiſe 1333 fois ſon volume, celui qu'elle fournit, ne fait que le cinquième de ſon poids total; d'où l'on peut conclure, que l'air inflammable produit par le fer dans ſes différens états, ne contient pas la même portion de phlogiſtique.

L'air inflammable que produit la fonte, n'eſt pas non plus en rapport entre ſa denſité & ſon volume. Le pouce cube de la fonte griſe dont la denſité eſt intermédiaire entre la blanche & la noire, peſe 2589 grains; il produit 1535,9 pouces cubes d'air inflammable. En partant de cette baſe, la fonte blanche qui peſe 2418 grains, devroit donner 1433,4, elle en donne 1333. Il y a un *deficit* de 100 en moins, & la fonte noire qui peſe 2730 grains le pouce cube, devroit produire 1618 pouces cubes d'air, & elle n'en donne que 1553. Il y a 71 de différence en moins, & ces rapports s'expriment en centéſimales, par 20,0 : : 21,2 : : 22,0. C'eſt donc la fonte griſe qui donne le plus d'air inflammable relativement à ſa denſité; la fonte noire, le plus relativement à ſon volume; & la blanche, le moins ſuivant ſa denſité & ſon volume. D'où l'on peut conclure, que la fonte griſe qui donne le plus d'air inflammable relativement à ſa denſité & à ſon volume, eſt le réſultat d'une juſte combinaiſon des élémens métalliques en état de fuſibilité; que la fonte blanche n'a pas encore atteint ce point, & que la fonte noire contient des parties métalliques décompoſées. Il eſt de fait dans la pratique des forges, que la fonte noire eſt plus difficile à travailler à l'affinage, & qu'à poids égal, elle produit moins de fer que la fonte griſe, qu'elle eſt ſujette à produire des fers & des aciers cendreux.

Les trois variétés de fer battu, diffèrent entre elles

infiniment moins que les fontes dans leur peſanteur ſpécifique. Il n'y a que $\frac{11}{100}$ du fer ductile le plus peſant, au fer caſſant à chaud, qui eſt le moins; mais elles varient beaucoup par la quantité d'air inflammable qu'elles produiſent dans les diſſolutions, relativement tant à leur volume qu'à leur poids.

Le fer doux donne 1903,1. Son volume d'air eſt près du quart de ſon poids; mais le fer caſſant à froid en donne beaucoup plus, relativement à ſa denſité, dans la proportion avec le fer ductile de 24,4 à 25,1. Le fer caſſant à chaud qui produit beaucoup moins d'air inflammable que le fer ductile & que le caſſant à froid, relativement au volume & à la denſité, n'en donne pas plus que la fonte noire relativement à la denſité, quoiqu'il en donne infiniment plus relativement au volume.

L'air inflammable que l'acier produit, tient un terme mitoyen entre la fonte & le fer battu pour le volume; mais il va preſque de pair avec la fonte griſe pour le produit relatif au poids. Ces derniers rapports ſont 22,1 : : 22,4, tandis que pour le volume ils ſont 15,35 : : 17,71. La quantité d'air inflammable n'eſt donc pas toujours relative à la denſité du fer; puiſque l'acier plus denſe que le fer, & la fonte noire plus que la griſe, produiſent reſpectivement moins d'air inflammable que le fer & que la fonte griſe. Le plus ou moins d'air inflammable procède donc de la combinaiſon de la matière de la chaleur & du phlogiſtique avec les autres parties élémentaires du fer dans ſes divers états.

L'air qui ſe développe du fer dans les diſſolutions, lequel eſt l'air élémentaire lié au phlogiſtique, n'eſt pas le ſeul qu'il contienne. Le fer renferme de l'air atmoſphérique interpoſé entre ſes molécules, même cantonné dans ſon étoffe. Il ſe rend ſenſible dans le fer que l'on ſoumet à la cémentation pour le con-

vertir en acier, par les ampoules qui s'élévent à la ſurface des barres, & qui pénétrent dans tout leur maſſif. Cet air ſe développe auſſi dans les diſſolutions, & ſe combine avec l'air principe. Il en augmente le produit. Il y a des fers bien plus remplis d'air atmoſphérique que d'autres. L'acier n'en eſt point exempt; mais cet air ne provient que de la contexture de la pâte & du pétriſſage de l'étoffe dans la fabrication du fer & de l'acier.

Paſſons aux degrés de chaleur que produiſent les variétés du fer dans la diſſolution par l'acide nitreux, & nous mettrons dans le même tableau, la chaleur produite par l'effet de l'eau & du ſoufre, même la quantité d'air inflammable. Nous y diſtinguerons les couleurs qui réſultent tant de l'inflammation de l'air, que de celle du fer échauffé par le ſoufre, & les durées de l'action en minutes; afin d'obſerver plus exactement les rapports reſpectifs. Nous laiſſons ſubſiſter les données de M. Bergman, en poids & meſures.

QUATRIÈME TABLEAU.

Effets du Phlogiſtique & de la chaleur.

Variétés du Fer.	Air inflammable produit par l'acide vitriolique.		Degrés de chaleur produits par l'acide nitreux.	Effets produits par l'inflammation de l'Air.			Mélange limaille l'eau & le	
	Pouc.	Dur.		1ere. inflamation. Couleur.	Durée de la 1ere inflammation Min.	2ième inflammation. Couleur	Commen. Min.	Du[rée] to[tale] Mi[n.]
Fonte griſe de Leufſtad..D.	..39..	.45..	...10....	fulminante jaune.	..2..	ſcintillante jaune.		
Fer de Leufſtad..........D.	..50..	.15..	...61....	fulminante jaune.	..2..	ſcintillante jaune.		
Fer d'Oſterby..........D.	..48..	.15..	...68....				.15.	.7
Fer de Norrberk..........C,C.	..48..	.10..	...65....	fulminante jaune.			.12.	.7
Fonte noire d'Hulleſors. C,F.	. 41..	.45..	...26....				...3.	4
Fonte d'Huſaby..........C,F.	..48..	.30..	...21....				...3.	.4
Fer de Braas..........C,F.	..52..	.25..	...62....	fulminante jaune.	..2.	jaune bleue.	.30.	.7
Acier Anglois..........	..45..	.12..	...57....	fulminante jaune.	..2..	bleue.		

Ce tableau nous préſente pluſieurs objets d'obſervations très-remarquables.

1°. Il y a très-peu de différence dans les huit variétés, relativement à la quantité d'air inflammable produit par la diſſolution dans l'acide vitriolique.

2°. Les trois eſpèces de fonte ont exigé de 30 à 45 minutes pour achever leur diſſolution ; tandis que celles des quatre ſortes de fer & d'acier, n'ont duré que 10 à 25 minutes.

3°. Les fontes au contraire, ont développé avec le ſoufre leur chaleur bien plus promptement, & pendant une plus courte durée, que les fers qui ont été plus lents à s'échauffer avec le ſoufre & dans le rapport de 45 : 75.

4°. Quoique les deux ſortes de fonte aient développé leur chaleur dans des temps égaux avec le ſoufre 3 : 3, l'action de l'acide du ſoufre a été très-inégale ſur les fers, & a varié dans le rapport de 12 : 30.

5°. Le fer caſſant à froid eſt celui des trois variétés, qui agit le plus lentement, tant dans les diſſolutions, que dans le mélange avec le ſoufre.

6°. Le fer caſſant à chaud, eſt le plus preſte à développer ſa chaleur, tant par la voie sèche, que par la voie humide ; quoiqu'il contienne moins d'air inflammable que le fer caſſant à froid.

7°. La marche de la chaleur avec le ſoufre, tant par le commencement de l'action, que pour la durée, eſt en rapport à peu près avec la denſité ; le fer caſſant à froid faiſant une exception particulière pour le commencement de l'action ſeulement.

8°. Les degrés de chaleur de la diſſolution dans l'acide nitreux, ſont très-relatifs avec la denſité ; mais la durée de la diſſolution eſt inverſe ; car les fontes ont été infiniment plus lentes à ſe diſſoudre que les fers & aciers qui ſont plus denſes que les fontes.

9°. La couleur de l'air inflammable des variétés

du fer & de la fonte, eſt fondamentalement jaune. Celle du fer ductile eſt ſcintillante, mêlée de rouge comme celle de ſa fonte, conſéquemment eſt produite par le même principe. La cauſe qui produit le rouge, eſt détruite dans le fer caſſant à chaud qui ne produit que la couleur jaune fondamentale : dans celle du fer caſſant à froid, la teinte rouge eſt changée en bleue qui eſt la couleur que donne l'air produit par l'acier dans la ſeconde inflammation.

N'eſt-on pas fondé à conclure, d'après ces couleurs, que l'acier eſt une modification totale du fer ; que le fer caſſant à froid eſt un état mitoyen entre le fer ductile & l'acier ; que celui caſſant à chaud eſt dépouillé de ce qui produit le rouge dans la fonte & le fer ductile, & ne participe en rien du principe aciérant, quoique, comme l'acier vif, il ſoit très-difficile à forger à chaud ?

Ces couleurs ſe manifeſtent dans l'affinage des fontes, ſur-tout dans le moment où l'on avale les piéces, même lorſque l'on releve. La qualité du fer s'annonce auſſi par la couleur des chaudes ſuantes; le fer ductile eſt d'une couleur blanche teinte de jaune doré ; celle du fer caſſant à froid, d'un blanc teint de rouge ; celle du fer caſſant à chaud, d'un blanc de lait tirant au bleu qui eſt plus décidé dans l'acier, ſur-tout dans le recuit,

La fonte blanche en bain eſt rouge ; elle donne ordinairement du fer caſſant à froid: la griſe eſt jaune, & produit communément du fer ductile.

La flamme qui ſort des fourneaux de fonderie, tant par les tympes que par le gueulard, c'eſt-à-dire par le bas ou par le haut du fourneau, annonce toujours la qualité de la fonte qui eſt en bain.

Quant aux couleurs réſultantes du fer décompoſé par le ſoufre ; elle eſt uniforme dans la fonte & le fer ductile, c'eſt le brun ; c'eſt-à-dire, un mélange de jaune, de noir & de rouge, à doſe égale. Celle du fer

fer caſſant à froid, eſt du jaune rembruni; & celle du fer caſſant à chaud eſt noire, ce qui prouve une décompoſition incomplète; & le jaune dans le fer caſſant à froid, annonce une plus grande ſouſtraction du phlogiſtique réducteur & une décompoſition plus complète.

Les degrés de chaleur produite par les diſſolutions dans l'acide nitreux, ni la durée de celle produite par le mélange du ſoufre, ne ſont pas aſſez déciſives pour meſurer la quantité de chaleur principe, ni celle du phlogiſtique contenu dans chaque variété du fer; les variations tantôt directes, tantôt inverſes, démontrent l'inſuffiſance de ces démonſtrations. M. Bergman auſſi n'appuie pas ſa théorie ſur ces phénomènes qui ſont la plupart contraires à ſon ſyſtême.

M. Bergman ayant cherché par la fuſion à connoître la quantité de phlogiſtique contenue dans les diverſes variétés du fer, & le changement que les divers intermèdes qu'il a employés faiſoient éprouver au fer de chaque qualité, je vais concentrer ces expériences dans un cinquième tableau, pour l'intelligence duquel il faut obſerver ce qui eſt contenu dans chaque colonne, dont ſuit l'indication.

1re. Les numeros des expériences de M. Bergman.
2e. Le poids des diverſes variétés du fer employé.
3e. Les ſortes de variétes des fonte, fers & acier.
4e. Le poids des intermèdes.
5e. La nature & l'état de ces intermèdes.
6e. Le poids du régule qui en eſt réſulté.
7e. Le caractère du régule.

Chaque opération a été faite à un feu très-vif pendanr 15 à 25 minutes.

L'on n'a point réduit le poids parce qu'on le peut conſiderer comme des unités de centième ou comme des parties proportionelles d'un tout.

J'ai exprimé le caractère des variétés du fer par les lettres ſuivantes.

D. déſigne, fer ductile à chaud & à froid.
D. C. . . . fer ductile à chaud,
D. F. . . . fer ductile à froid.
C. C. . . . fer caſſant à chaud.
C. F. . . . fer caſſant à froid.

Ce tableau renferme l'extrait du texte des pages depuis la 34e: juſqu'à la 50e.

CINQUIÈME TABLEAU.

Nos. des Exp.	Poids du Fer.	Sortes de Fer.	Poids des intermèdes.	Nature des Intermèdes.	Poids du Régule produit.	Caractère du Régule.
	Liv.		Liv.		Liv.	
90.	200....	Fonte d'Hullefors....D.	50..	Hœmatite noire.	201. $\frac{1}{2}$.	Paſſablement ductile.
91.	200....	La même..D.	50..	Chaux de vitriol du même.......	206....	Très-ductile.
92.	200....	Fonte de Leufſtad.....D.	50..	Hœmatite noire.	168....	Peu ductile.
93.	200....	La même..D.	50..	Chaux de vitriol d'Hullefors....	222....	Très-ductile
94.	200....	La même..D.	50..	Chaux de vitriol de Leufſtad....	210....	Très-ductile.
95.	200....	La même..D.	50..	Safran de Dylte. ....C, F.	196....	Peu ductile, poudre noire
96.	400....	Safrandemars de Dylte...		Charbon & borax................	62....	Pyriteux & brun
97.	200....	Fonte de Leufſtad.....D.		Seule dans un creuſet clos....	196....	Peu ductile, aciéreux.
98.	200....	La même..D.		Dans un creuſet non ſcellé.......	194....	Peu ductile, aciéreux.
99.	200....	La même..D.		Dans une tutte...	198....	Plus ductile, moins aciéreux.
100.	200....	Fer de Braas. ....C, F.	50..	Chaux de fer d'Hullefors. D.	180....	Peu ductile & peu aciéreux.
101.	100....	Le mêm. C, F.	100..	Chaux de fer d'Hullefors. D.	155....	Peu ductile C, F. caſſant à C.
102.	200....	Fonte d'Huſaby.....C, F.	50..	Chaux de fer de Braas.........C, F.		C, C..C, F. Caractère d'acier.
103.	200....	Fonte d'Huſaby...C, F.	50..	Fonte de Norrberk.......C, C.	100....	C, F. peu C. C. Acier

N°. des Exp.	Poids du Fer.	Sortes de Fer.	Poids des l'intermèdes	Nature des Intermèdes.	Poids du Régule produit	Caractère du Régule.
	Liv.		Liv.			
104.	200....	La mêm. C,F.	50..	Chaux de fer d'Oſterby. D.		En grenailles aigres
Id.		Les grenailles du précédent.		Chaux de fer d'Huſaby. C, F.		Régule moulé
105.	200....	Fonte d'Huſaby..C, F.		Sans intermède.	197....	Sans efferveſcence ni grenaille.
106.	201.$\frac{1}{2}$.	Régule de l'exp. 90. D.	50..	Plombagine......	190....	Dur, C.F. creux, aciéreux.
107.	206....	Régule de l'exp. 91. D.		Poudre de charbon.............	204....	C, F. aciéreux.
108.	222....	Régule de l'exp. 93. D.		Sans intermède.		A réſiſté, reſté ductile.
109.	72....	Du Fer de l'exp. 222. D.		Sans intermède pendant 30 min.		Reſté le même.
		Les Expériences ſuivantes dans un creuſet luté.				
110.	200....	Fonte de Leuſſtad......D.	142..	Chaux de plomb.		Dur, C, F. aciéreux.
111.	200....	La même..D.	350..	Chaux de plomb.		Dur, C, F. aciéreux.
112.	200....	La même..D.	50..	Chaux de manganaiſe..........	190....	Dur, C, F. aciéreux.
113.	200....	La même..D.	100..	Chaux de manganaiſe........	183....	Un peu ductile, aciéreux.
114.	200....	Fonte de Braas....C, F.	100..	Chaux de manganaiſe..........	182....	Caſſant, recuit. D, C. & D, F.
115.	200....	Fonte de Leuſſtad......D.	100..	Verre................	198....	Criſtalliſé, bon acier.
116.	200....	La même..D.	67..	Chaux de craie.	191....	Dur, C, C. C, F. aciéreux.
117.	200....	La même..D.	33,$\frac{1}{2}$.	Chaux de craie, quartz..........	192....	Plus ductile, aciéreux.
		Dans un creuſet qui n'étoit pas lutté.				
118.	200....	La même..D.	67..	Chaux de craie.	163....	Plus ductile que le n°. 116.
119.	200....	La même..D.	33.$\frac{1}{2}$.	Chaux de craie & quartz........		Grenailles ductiles.

Nos. des Exp.	Poids du Fer.	Sortes de Fer.	Poids de l'intermède.	Nature des Intermèdes.	Poids du Régule.	Caractère du Régule.
Les Expériences ſuivantes dans un creuſet clos.						
	Liv.		Liv.		Liv.	
120.	200....	Fer de Braas. ....C,F.	25..	Chaux de craie.	191.½.	Dur, recuit, un peu ductile.
121.	200....	Le mêmeC,F.	50..	Chaux de craie.	192....	Dur, recuit, un peu ductile.
122.	200....	Le mêmeC,F.	100..	Chaux decraie.	191....	Un peu plus ductile.
123.	200....	Le mêmeC,F.	25..	Pierre calcaire crue.............	164....	Plus ductile, recuit...... .C,C.
124.	200....	Le mêmeC,F.		Soufre..............		Pyriteux, calciné fondu avec du charbon, acier.
125.	100....	Fer de Norrberk..C,C.	100..	Fer de Braas CF. charbon.........	208....	Fer, C, F. intraitable, acier.
1 6.	100....	Chaux de NorrberkCC.		Poudre de charbon..............	60....	Fonte intraitable.
127.	83....	Régule du n°. 124.C,C&àF.	21..	Chaux de fer ductile...........	53....	Aciéreux, globules ductiles.
128.	200....	Fonte deLeufſtad......D.	50..	Chaux de Braas. ....C, F.	204....	C, F. ductile à chaud, acier.
129.	200....	La même..D.	50..	Chaux de Norrberk.......C,C.	208....	Ductile à froid, caſſant à C.

L'on ne finiroit pas ſi l'on ſe livroit à toutes les obſervations que préſentent les réſultats de ces nombreuſes expériences : mais je me bornerai aux phénomènes les plus ſaillans & les plus remarquables, independamment des réflexions de l'auteur & de celles que j'ai repandues dans les notes ; je remarquerai :

1°. La fonte refondue ſans aucun intermède, prend le caractère d'acier, Exp. 97. 98. 99. & 105., parce que par cette refonte, le fer crud ne reçoit point de phlogiſtique, mais un exès de la chaleur qui l'a converti en acier.

2°. La fonte refondue avec les chaux de plomb, de manganaiſe & de craie, dans des creuſets clos, acquiert le même caractère d'acier; parce que ces chaux ſont privées du phlogiſtique réducteur, & ſuperſaturées du principe de la chaleur; elles diminuent une portion du produit par la ſouſtraction qu'elles font du phlogiſtique réducteur de la fonte, exp. 110, 111, 112, 113, 116 & 117.

3°. Le verre fondu avec la fonte, lui imprime auſſi le caractère d'acier, par la même cauſe; car le verre contient infiniment de matière de la chaleur qui lui donne la tranſparence, & en la communiquant à la fonte, il la fait paſſer à la qualité d'acier, exp. 115. Je dis que le verre tient ſa tranſparence de la matière de la chaleur, parce que ſi on la lui enlève par la cémentation, avec des matières calcaires avides de ce principe, il perd cette tranſparence, & paſſe à l'état de porcelaine vitreuſe.

4°. La fonte de fer en général traitée avec des chaux de fer de même caractère, eſt paſſée à l'état du fer ductile, toutes les fois que l'on emploie un moyen de dépouiller la fonte, même l'acier, de la partie ſurabondante de la matière de la chaleur, on les ramene a l'état de fer ductile, exp. 91, 93 & 94.

5°. Lorſque l'on veut fondre enſemble deux variétés de fer de caractère oppoſé, il y aura toujours une effervefcence qui procède d'une diſſolution ignée; telle, celles faites dans les acides humides, & les grenailles du métal que cette effervefcence élance de tous côtés, ne ſont point l'effet d'une volatiliſation. Un métal ne ſe ſublime & ne ſe volatiliſe, que lorſque ſes parties ſont atténuées & dilatées au point d'être plus légères que le milieu au deſſus duquel elles s'élèvent, ſoit dans l'eau, ſoit dans l'air, ſoit dans le feu, exp. 104, 119 & 127.

6°. La combinaiſon d'un fer caſſant à froid, ne

corrige pas le défaut d'un fer caſſant à chaud; & *vice verſâ*, il n'en réſulte qu'un fer vicieux; même ces défauts ſe communiquent au fer ductile à chaud & à froid, exp. 127. 128 & 129.

Voyons les effets de la cémentation.

Ordre des matières du ſixième tableau préſentant les réſultats de la cémentation.

1re. Colonne, n°. des expériences.
2e. Variétés du fer, ſoumiſes à la cémentation.
3e. Matières de la cémentation.
4e. Augmentation de poids.
5e. Caractères réſultans de l'effet de la cémentation.

SIXIEME TABLEAU.

N°s. des Exp.	Variétés du Fer.	Matières de la cémentation.	Augmentation du poids.	Caractères réſultans de la cémentation. Au dehors.	Au centre.
130.	Fonte de Leúfſtad. D.	Plombagine....		Egaré....	
131.	La même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$.	Ecorce attirable.	Acier........
132.	La même....	Chaux de manganaiſe......	$\frac{1}{200}$.	Attirable..........	Fonte pure.
133.	Fer de Leufſtad....D.	Plombagine....		Attirable..........	Fer ductile.
134.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$.	Fer ductile.......	Acier.......
135.	Le même....	Chaux de manganaiſe.......	$\frac{1}{100}$.	Ecorce attirable.	Fer ductile.
136.	Acier d'Oſterby. D.	Plombagine....		Ecorce attirable.	Acier.......
137.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$.	Ecorce rouge....	Acier.......
138.	Fer de Norrberk C, C.	Plombagine....	$\frac{1}{210}$.	Ecorce attirable.	Fer ductile.
139.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$.	Fer ductile.........	Fer ductile.
140.	Le même....	Chaux de manganaiſe.......	$\frac{1}{75}$.	Ecorce attirable.	Très-duct.
141.	Fer de Grangen. CF.	Plombagine....	$\frac{1}{400}$.	Ecorce attirable.	caſſant à froid.....
142.	Le même....	Terre calcaire.		Nul changement..............	
143.	Le même....	Chaux de manganaiſe.......	$\frac{1}{200}$.	Nul changement..............	

L'on ne peut pas tirer de ces expériences faites par la cémentation, beaucoup de connoiſſances ſur la nature du fer ; parce que nous croyons que les circonſtances n'ont pas permis que l'opération fût aſſez continuée pour produire des effets plus complets ; en général, il y a eu peu d'accroiſſement du poids des diverſes variétés de fer, même pluſieurs n'en ont point acquis, particulièrement avec la plombagine; la chaux de manganaiſe en a un peu plus produit ; & la terre calcaire en a donné conſtamment plus & en même quantité, excepté avec le fer caſſant à froid. Il eût été à deſirer que l'auteur eût mis en comparaiſon du fer en cémentation avec la poudre du charbon qui produit conſtamment une augmentation très-notable en poids & en volume, & qu'il eût examiné tant la plombagine que la terre calcaire & la chaux de manganaiſe, pour connoître quel changement ces ſubſtances ont pu éprouver dans leur qualité & dans leur poids. Nous croyons que le peu d'augmentation du poids, procède en partie de la décompoſition des ſurfaces des fers & fontes cémentés, auxquels les matières de cémentation ſe ſont unies & ont fait une addition. Les effets de la terre calcaire, ont été contraires à ceux qu'elle produit ordinairement ; car elle a donné des fers caſſans à froid, & des aciers ; elle enlève même à ce dernier, le principe aciérant ; à moins que l'on n'ait employé la terre calcaire crue, qui contient ordinairement quelque portion d'acide & de ſable vitreſcible, qui ont pu produire des accidens différens de ceux auxquels elle donne lieu conſtamment, particulièrement dans les travaux en grand, & ainſi que M. Stokinſtrom l'a obſervé près d'Aix-la-Chapelle.

Il eſt à remarquer que la plombagine n'a opéré aucun changement que ſur le fer caſſant à chaud qu'elle a rendu ductile, effet qui ſemble contrarier le ſentiment de M. Bergman, puiſque dans les expé-

riences qne nous citerons plus bas, il paroît que le fer caſſant à chaud, eſt celui de trois variétés du fer battu, qui contient le plus de plombagine, d'après ce ſavant.

Pour découvrir ce que chaque variété de fer contient de plombagine, M. Bergman les a fait diſſoudre ſéparément dans l'acide vitriolique; & a peſé la poudre noire qui ſe dépoſe, ſans être attaquée par l'acide. Je ne rapporterai pas ici le tableau général de ces expériences, que l'on peut conſulter dans la traduction depuis le n°. 209, juſqu'au n°. 233. Je donnerai ſeulement le réſultat du terme moyen des produits d'un quintal dans chaque ſorte, par milléſimales.

Fonte de fer doux.	3,60.
Fonte de fer caſſant à froid.	4,60.
Acier provenant de fer ductile.	0,50.
Acier provenant de fer caſſant à froid. .	0,93.
Fer ductile.	0,52.
Fer caſſant à chaud.	1,50.
Fer caſſant à froid.	1,03.

Je dois expoſer auſſi la proportion reſpective du produit de la fonte qui varie ſuivant ſon état de perfection.

Fonte noire ſurchargée de phlogiſtique. .	4,50.
Fonte griſe ſaturée de phlogiſtique. . .	2,72.
Fonte blanche pauvre en phlogiſtique. .	4,30.

L'on doit entendre que le premier chiffre à gauche ſéparé par une virgule, déſigne des centièmes, & que les deux qui ſuivent à droite, ſont des millièmes; ainſi la fonte de fer doux contient 3 centièmes, plus 60 milliémes de réſidu noir. Ceci s'entendra pour les calculs antérieurs & ultérieurs.

La première obſervation qui ſe préſente à faire, eſt relative à la fonte.

Il eſt connu qu'une fonte blanche tenue en bain, s'épure & paſſe à l'état de fonte griſe, & ſucceſſive-

ment à celui de fonte noire, de régule; enfin de fer duƈile, ſans aucun intermède, ſans opération, ſans travail, par l'effet ſeul d'un feu continué; & qu'en cémentant enſuite ce fer duƈile avec des matières charbonneuſes, on le fait paſſer à l'état d'acier. Cependant, d'après les expériences citées, l'acier contient plus de plombagine que le fer; la fonte griſe moins que la blanche & la noire. Comment ſuivre la génération & la deſtruƈion de cette plombagine dans ces paſſages ſucceſſifs & dans ces alternatives? Il n'eſt pas difficile d'expliquer la diminution de la plombagine dans le paſſage de la fonte au fer; mais comment appercevoir la regénération dans la fonte noire, & plus difficilement dans l'acier, particulièrement dans l'acier cémenté?

Pour rendre ce phénomène vraiſemblable, M. Bergman tire du développement des opérations du travail de l'acier, une induƈion que j'ai déja combattue dans mes notes p.83: je n'ajouterai ici qu'une obſervation.

M. Bergman dit que les matières de la cémentation peuvent fournir de l'air qui ſe combinant avec le phlogiſtique, forme de la plombagine, laquelle s'amalgame avec la pâte de l'acier. D'après cette théorie, on pourroit faire de la plombagine en tenant expoſé long-temps au feu, un creuſet clos rempli de poudre de charbon; car le charbon contient cet air que la cémentation pourroit produire, & de plus, il contient le phlogiſtique néceſſaire à la formation de la plombagine. Je ne penſe pas que l'on en puiſſe créer par ce procédé.

Au ſurplus, excepté la chaleur, les agens les plus aƈifs qui ont priſe ſur le fer, ne le pénétrent pas; ils l'attaquent par les ſurfaces, en le décompoſant totalement; alors il n'eſt plus fer, il n'a plus les propriétés métalliques. Le ſoufre qui eſt ſi analogue à la plombagine, attaque ainſi le fer & le cuivre, & en forme

une matière fragile, pyriteuſe, qui n'a plus les propriétés métalliques. Le fer coverti en acier, conſerve toutes les propriétés métalliques, ténacité, ductilité & élaſticité. Je ſais que l'acier au ſortir de la cémentation, n'eſt nullement malléable à froid, qu'il eſt ſouvent preſque auſſi fragile que le verre ; mais une légère chaude ſuffit pour le rendre ductile ; le froid de la trempe lui rend la fragilité.

La poudre noire qui ſe précipite de l'acier dans ſa diſſolution avec l'acide vitriolique, & qui reſſemble à la plombagine, peut être une combinaiſon particulière, un corps iſolé interpoſé, qui forme ce que l'on appelle cendrures, & qui ne fait point partie intégrante & conſtitutive, ni de la fonte, ni du fer, ni de l'acier. Cette préſomption eſt fondée ſur ce que des fontes, des fers & des aciers de même caractère donnent des produits inégaux de cette poudre.

La différence dans les fontes douces eſt de 2,0 :: 5,3.
Dans celles caſſant à froid, de . . . 2,5 :: 6,7.
Dans les fers ductiles, de . . . . . 5 :: 7.
Dans les fers caſſans à froid, de . . . 1 :: 6.
Dans les aciers de fer ductile, de . . 4 :: 6.
Et dans ceux de fer caſſant à froid, de 1 :: 1,7.

Je ſais que la fonte de fer ſurchargée de phlogiſtique, produit beaucoup d'une ſubſtance que la ſeule action du feu en ſépare, & qui reſſemble à bien des égards à la plombagine; elle flotte au deſſus du bain, s'attache après les ringards, ſe diſperſe dans l'air ; elle eſt écailleuſe, noire, ſoyeuſe & légère; elle tache les doigts en la froiſſant, & a le gliſſant de la plombagine : mais cette limaille lamelleuſe eſt attirable à l'aimant, ne détonne point avec le nitre, ſe diſſout très-difficilement dans les acides minéraux. Je ferai connoître plus amplement ailleurs cette matière, & de laquelle j'ai déja parlé dans un mémoire lu à l'Académie des ſciences en 1761, ſous le nom de limaille,

nom uſité dans les forges pour exprimer cette matière. On appelle fontes limailleuſes, les fontes noires qui en produiſent.

La poudre noire ou plombagine de M. Bergman, expoſée au feu, perd moitié de ſon poids : l'autre moitié reſtante, eſt ſelon cet auteur, une matière ſiliceuſe. La partie réputée plombagine, détonne avec le nitre & en alkaliſe cinq fois ſon poids : l'autre partie ſiliceuſe en exige dix fois ſon poids.

Cette poudre n'eſt point ſoluble dans l'acide marin, même au degré de l'eau bouillante. Nous reviendrons ſur cet objet.

M. Bergman en cherchant à découvrir la nature des matières étrangères qui peuvent être unies au fer & qui en caractériſent les différentes variétés, y a découvert de la manganaiſe par un procédé qu'il indique dans le ſecond volume de ſes opuſcules, & que nous avons reſtitué dans nos notes ſur cette diſſertation analytique du fer, & par laquelle il a trouvé que le fer d'Eiſenert en contenoit $\frac{30}{100}$. Expérience qu'il a répétée ſur les différentes variétés qu'il avoit ſoumiſes à ſes expériences précédentes, ſoit avec les fers en nature, traités avec le nitre, ſoit avec leurs chaux traitées par l'acide du vinaigre, pour en extraire par l'alkali fixe aéré, la manganaiſe que ces chaux pouvoient contenir, qui lui ont fourni les réſultats ſuivans, par quintal de fer calciné.

Chaux de fer d'Oſterby... D.. 1. de couleur blanche.

Chaux de fer de Norrberk. C,C.. 1. bronzée.

Chaux de fer de Braas... C,F. 5,4. jaune.

M. Bergman n'a ſoumis aucune ſorte d'acier à cette eſpèce d'expérience, de laquelle il réſulte que le fer ductile contient autant l'un que l'autre de cette ſubſtance, & que le fer caſſant à froid, en contient cinq fois autant que chacun des deux autres en particulier.

Ces précipités ſont en rapport avec le régule de manganaiſe, 2 :: 1, ſuivant l'eſtimation de l'auteur. Je vais préſenter le précis des expériences faites avec le nitre, dans leſquelles la couleur verte décéle la préſence de la manganaiſe. Comme quelques-uns des fers n'ont produit de couleur verte qu'à la ſeconde projection de nitre, nous en allons tracer le tableau; les chiffres indiquent à peu près les degrés d'intenſité des couleurs.

SEPTIEME TABLEAU.

Détonnations des différentes variétés du fer avec le quadruple de leurs poids de nitre à chaque projection.

Nos. des Exp.	Variétés du Fer.	Première projection. Couleurs.	Deg.	Seconde projection. Couleurs.	Deg.
174.	Fer d'Eiſenert..... D.	Verd intenſe....	10..	Un peu plus fort.	2..
175.	Fonte noire de Leufſtad........	Verd foible.......	1..	Vive.......	10..
176.	Fonte griſe, & fer de Leufſtad.........	Nulle.............	0..	Bleue verdâtre.	3..
177.	Fer de Leufſtad........	Nulle.............	0..	Bleue verdâtre.	3..
178.	Fonte d'Akerby.......	Verd foible.......	2..	Bleue.....	6..
179.	Fer d'Akerby.........	Verd vif.........	8..		
180.	Fonte d'Hullefors.....	Verd vif.........	8..		
181.	Fer d'Hullefors.........	Nulle.............		Verd......	5..
182.	Fer d'Oſterby..........	Verd vif.........	8..		
103.	Acier d'Oſterby.......	Verd vif.........	8..		
184.	Fonte de Forſmarck.	Verd foible.....	4..	Verd.......	6..
185.	Fer de Forſmark......	Verd foible.....	4..	Verd......	6..
186.	Acier de Forſmark.	Verd plus foible.	3..	Verd......	4..
187.	Fer de Norrberk C,C.	Nulle.............	0..	Verd......	3..
188.	Fonte Brattfors. C,F.	Verd foible.......	4..	Verd......	6..
189.	Fer battu de Brattfors.	Verd vif.........	8..		
190.	Fonte d'Hallefors, noire...............	Nulle.............	0..	Verd......	3..
191.	Fonte blanche d'Hallefors...............	Nulle..............	0..	Verd......	3..

Nos. des Exp.	Variétés du Fer.	Première projection.		Seconde projection.	
		Couleurs.	Deg	Couleurs.	Deg
192.	Fer natif de Sibérie....	Verd très-foible.	1..	Verd......	4..
193.	Acier anglois & autr.	Verd fort foible,	2..	Verd.......	2..
196.	Fonte d'Huſaby C,F.	Verd plus ſenſible.............	4..		
197.	Fer d'Huſaby & acier	Nulle........	0..	Verd.......	4..
199.	Fer de Braas....C, F.	Verd foible......	3..	Verd plus fort......	5..
201.	La manganaiſe........	Verd exalté......	15..		
168.	Limaille de cuivre....	Verd exalté.. ...	15..		

Il paroît que la fonte de fer en général développe plus difficilement la couleur verte que le fer battu ; que le fer ductile donne non-ſeulement plus facilement, mais plus abondamment la couleur verte que le fer caſſant à froid ; ce qui eſt contraire au produit des diſſolutions par l'acide acéteux dans lequel le fer de Braas a produit cinq fois plus de précipité de manganaiſe que les deux autres variétés du fer ; tandis qu'étant projetté avec le nitre, il a non-ſeulement produit peu de couleur verte, mais il a fallu deux projections pour l'extraire. Je crois que cette méthode de procéder, peut bien indiquer de la manganaiſe ; mais qu'elle ne peut en faire connoître la quantité contenue ; auſſi M. Bergman ne la produit que comme indicative, les couleurs en général ſont très-accidentelles.

Après avoir tenté différens moyens pour découvrir ſi le fer contenoit de l'acide vitriolique, de l'arſenic, du zinc ou autres matières étrangères différentes de la manganaiſe & de la plombagine qui paroît concourir à tarer le fer de quelques vices, & n'en ayant découvert aucuns veſtiges ; M. Bergman donne le tableau des quantités de matière ſiliceuſe, de plombagine, de manganaiſe, de fer contenues dans un quin-

tal, ou plutôt dans cent parties de fer. Je laiſſe ſubſiſter ces données comme étant des parties proportionnelles d'un tout, ce qui répond à toute eſpèce de poids & de meſure ; mais comme l'auteur ajoute les produits d'air inflammable en pouces cnbiques de Suède, & que j'établis ici le quintal poids de France, je ſuis obligé d'augmenter le produit de l'air inflammable en raiſon de la différence du poids ; il en eſt de même des degrés de la matière de la chaleur qui donne des produits en raiſon des maſſes employées.

Nous avons ajouté ici au texte de l'auteur, un terme mitoyen entre le moins & le plus de chaque ſubſtance contenue dans un quintal de fer, même dans la peſanteur ſpécifique aſſignée par l'auteur.

HUITIEME TABLEAU.

Des parties conſtituantes d'un quintal compoſé de cent grains de fer dans ſes divers états, d'après M. Bergman.

Matières contenues dans la Fonte.	Extrême en moins.	Extrême en plus.	Terme moyen.
Matière ſiliceuſe..	01,10.	03,40.	02,25.
Plombagine..	01,10.	03,30.	02,20.
Manganaiſe..	00,50.	30,00.	15,25.
Fer.	97.30.	63.30.	80,30.
Total.	100. . .	100. . .	100......
Pouces cubes d'air inflammable.	50,2. .	63.50.	56,85.
Degrés de chaleur.	22,0. .	57,30.	39,60.
Peſanteur ſpécifique moyenne.			7760.....
ACIER.			
Matière ſiliceuſe..	00,3. .	00,90.	00,60.
Plombagine..	00,2. .	00,80.	00,50.
Manganaiſe	00,5. .	30,00.	15,25.
Fer.	99,0. .	68,30.	83,65.
Total.	100. . .	100. . .	100......
Pouces cubes d'air inflammable.	58,2. .	63,50.	60,85.
Degrés de chaleur.	81,4. .	125,00.	103,20.
Peſanteur ſpécifique moyenne.			7720......

Matières contenues dans le Fer.	Extrême en moins.	Extrême en plus.	Terme moyen.
Fer ductile.			
Matière ſiliceuſe........................	00,05.	00,30.	00,175.
Plombagine........................	00,05.	00,20.	00,12...
Manganaiſe........................	00,50.	30,00.	15,25...
Fer........................	99,40.	69,50.	84 45...
Total.	100......	100......	100........
Pouces cubes d'air inflammable.	65,5...	67,5...	66,5.....
Degrés de chaleur........................	134,5...	150,0...	142,25. .
Peſanteur ſpécifique moyenne.			7782........
Fer caſſant a chaud.			
Matière ſiliceuſe........................			0,8.....
Plombagine........................			0,7.....
Manganaiſe........................			0,5.....
Fer........................			98,0.....
Total.			100........
Pouces cubes d'air inflammable.	63,5...		63,5...
Degrés de chaleur........................	161,7...		161.7...
Peſanteur ſpécifique moyenne.			7753........
Fer caſſant à froid.			
Matière ſiliceuſe........................	00,05.	00,30.	00,175.
Plombagine........................	00,05.	00,30.	00,175.
Manganaiſe........................	00,50.	04,00.	02,250.
Fer........................	99,40.	97,40.	97,400.
Total.	100......	100......	100........
Pouces cubes d'air inflammable.	66,1...	68,8...	67,45...
Degrés de chaleur........................	55,.....	57,3...	56,15...
Peſanteur ſpécifique moyenne.			7778........

Il eſt néceſſaire de faire des réflexions ſur les différens objets que préſente le huitième tableau. La première eſt la matière ſiliceuſe, c'eſt-à-dire, de nature du ſilex, que M. Bergman retire de la poudre noire qui ſe précipita ſans intermède pendant la diſſolution du fer dans l'acide vitriolique, ou plutôt cette poudre noire eſt une portion de la maſſe du fer ſoumiſe à l'action de l'acide vitriolique, laquelle n'eſt point attaquée par cet acide. Cette poudre noire contient deux ſubſtances réunies; l'une eſt la plombagine, & l'autre

eſt cette matière ſiliceuſe. J'ai lieu de croire que c'eſt plutôt une ſubſtance talqueuſe. L'on opère la ſéparation de ces deux ſubſtances, en expoſant la poudre noire ſous une moufflc : l'action du feu volatiliſe la plombagine qui laiſſe la matière ſiliceuſe ſur le têt à rôtir. Cette matière annonce ſon caractère, en réſiſtant à l'action du feu & des acides minéraux qui ſont les diſſolvans les plus actifs que la nature & l'art puiſſent employer. L'on connoît la qualité fixe & apyre du talc.

Comment ſe trouve cette matière ſiliceuſe ou talqueuſe dans le fer ? Il eſt à préſumer qu'elle n'eſt qu'interpoſée, & ne fait point partie de l'eſſence de la nature du fer, mais ſeulement de ſa maſſe.

J'ai trouvé en rompant une barre de fer, un petit caillou gros comme un pois ordinaire interpoſé dans l'étoffe du fer ; cette pierre ne s'y étoit pas formée, elle avoit réſiſté au feu de l'affinage, à toutes les chaudes ſucceſſives & à la percuſſion du marteau ; mais elle y avoit été introduite par accident dans le pétriſſage de l'affinerie. Il en eſt peut-être de même du mica réduit en petites parcelles qui ſe retire du fer par la diſſolution dans l'acide vitriolique ; mais cependant ce mica peut ſe former par la combinaiſon du principe vitreſcible uni avec l'élément du fer, & le phlogiſtique tant coagulant que réducteur ; ce qui peut arriver dans la fuſion du minérai : & effectivement, il ſe trouve beaucoup plus de cette matière ſiliceuſe dans la fonte, que dans le fer en général ; & cette proportion eſt 2,25 :: 0,8, de la fonte au fer caſſant à chaud, qui ſont les deux extrêmes des termes moyens.

Mais comme la quantité des matières ſiliceuſes que M. Bergman a découvertes dans le fer, paroît dans des proportions très-inégales dans chaque variété de fer, & qu'on l'apperçoit dans toutes les nuances numériques depuis un juſqu'à trois centièmes, même de cinq millièmes à trois centièmes ; on doit regarder cette

cette matière ſiliceuſe comme purement accidentelle; d'ailleurs, comment ſe peut-il faire que l'acier en général contienne de cette matière ſiliceuſe, plus que le fer doux dans la proportion de 17 :: 60 ? tandis qu'en cémentant le fer doux, on le convertit en acier. Cette partie ſurabondante ſiliceuſe dans l'acier, s'eſt donc formée dans la cémentation : par quel méchaniſme ? Cette génération me paroît difficile à expliquer, & je ne la crois pas poſſible dans cette opération; ce qui l'eſt dans la fuſion, même dans l'affinage.

Le fer caſſant à froid ne contient pas plus de matière ſiliceuſe que le fer doux; cette matière eſt donc nulle, reſpectivement à la ductilité & à la fragilité. L'on ſeroit fondé cependant à croire que cette matière ſiliceuſe pourroit contribuer à la fragilité du fer, poſſédant elle-même cette propriété, & qu'elle forme au ſurplus un corps interpoſé qui déſunit l'agrégation des matières ferreuſes.

Il en eſt de même de la plombagine, elle marche de pair, à très-peu de choſe près, avec la matière ſiliceuſe dans les différentes variétés du fer. L'acier en produit plus que le fer doux dans la proportion de 12 :: 50. M. Bergman a eſſayé de donner l'étiologie de cette formation pendant la cémentation; nous l'avons diſcutée, & nous en avons fait ſentir la difficulté. Il obſerve au ſurplus que le principe talqueux eſt de l'eſſence de la plombagine.

Quant à la manganaiſe, M. Bergman prétend que c'eſt une ſubſtance néceſſaire au fer, & que le meilleur, (celui d'Eiſenert), en contient $\frac{30}{100}$. Ce pendant pluſieurs ſortes dans chaque variété en ont donné infiniment moins, puiſque la diſparité eſt en rapport 00,5 :: 30,0, c'eſt-à-dire de cinq millièmes à trente centièmes.

Il eſt bien étonnant que cette manganaiſe ſoit en quantité proportionnelle égale dans la fonte, dans

l'acier & dans le fer doux, qu'elle ne ſe détruiſe pas dans les différentes opérations néceſſaires pour opérer ces paſſages de la fonte au fer, & du fer à l'acier, ou de l'acier au fer.

Ne peut-on pas douter du réſultat de ces produits, & de la propriété des moyens employés pour le produire ? Peut-on ſe perſuader qu'un métal combiné avec un tiers d'un demi-métal peu ductile, puiſſe conſerver la propriété de la ductilité dans un degré éminant dans le fer doux ? Si cela peut être, il faudroit convenir que la manganaiſe eſt le principe de la ductilité du fer; mais ce raiſonnement croulera, ſi l'on fait attention qu'il y a la même quantité de manganaiſe dans la fonte qui eſt un corps très-fragile.

L'on ſait que le cuivre roſette eſt ductile à chaud, caſſant à froid; que le mélange de zinc le fait paſſer à l'état de caſſant à chaud & ductile à froid : phénomène d'oppoſition de caractère qui eſt très-ſingulier, & qui procédé du mêlange du zinc. La fragilité reſpective à froid de ces deux métaux, en ſe combinant, ſe change en ductilité à froid; mais comme la chaleur décompoſe le zinc, & le réduit en chaux filamenteuſe, interpoſée entre les molécules de roſette, en les déſuniſſant, elle s'oppoſe à la ductilité à chaud du laiton. Il devroit en être de même à peu près de la manganaiſe unie en même proportion par tiers avec le fer, comme le zinc avec le cuivre dans le laiton; elle devroit donner de la ductilité à froid à la fonte qui eſt exceſſivement caſſante à chaud, opérer quelque changement dans le fer ductile & dans l'acier; mais au contraire, il y a, ſelon les expériences de M. Bergman, beaucoup plus de manganaiſe dans le fer caſſant à chaud & celui caſſant à froid, que dans l'acier & le fer doux qui ſont l'un & l'autre très-ductiles, & beaucoup moins dans le fer caſſant à chaud, que dans celui qui eſt caſſant à froid. Il eſt vrai que M. Bergman n'a éprouvé qu'une

ſorte de fer caſſant à chaud, (celui de Norrberk), qui contient $\frac{5}{1000}$ de manganaiſe, tandis que celui caſſant à froid en contient au terme moyen $\frac{2}{100} + \frac{25}{1000}$.

La matière ſiliceuſe, la plombagine & la manganaiſe, ſont les ſeules matières hétérogènes que M. Bergman ait decouvertes dans le fer, dans ſes différens états, & toujours conſtamment avec des proportions différentes. Nous ſommes très-perſuadés que, quoique M. Bergman ait varié preſque à l'infini ſes expériences, qu'il les ait inſtituées avec une ſagacité peu commune, qu'il ait opéré avec art & une rigoureuſe exactitude; cependant qu'il y a des moyens de découvrir dans les différentes variétés, d'autres ſubſtances métaliques. Pour compléter ces expériences & porter la conviction dans l'expoſition de ces principes, il eût été à deſirer que M. Bergman eût révivifié les chaux des différentes ſortes de fer dont il a extrait les trois ſubſtances étrangères, le ſilex, la plombagine & la manganaiſe; que le produit diviſé en deux parties égales eût été ſoumis à de nouvelles expériences, afin de reconnoître :

1°. Si le fer qui en ſeroit réſulté, auroit d'abord les propriétés antécédentes, de ductile, de caſſant à chaud ou de caſſant à froid.

2°. Si en l'analyſant de nouveau par les mêmes procédés, on retireroit encore les mêmes ſubſtances; afin de connoître ſi leur formation procède de l'action réciproque & de la combinaiſon des différentes parties conſtitutives du fer dans les diverſes opérations de ſon travail.

3°. Si en réuniſſant au régule provenant des chaux des fers analyſés primordialement, la matière ſiliceuſe, la plombagine & la manganaiſe, diſtinctement ou conjointement, il en réſulteroit un fer ayant les propriétés antécédentes, & pour ſavoir ſi elles s'y incorporeroient.

Ces opérations d'analyſe & de ſynthèſe ſucceſſives, jetteroient un bien plus grand jour ſur la conſtitution du fer en général, & particulièrement ſur celle de ſes variétés ; M. Bergman en a fait quelques-unes.

Je ne peux me diſpenſer d'obſerver une choſe très-remarquable, & qui ſemble faire crouler tout le ſyſtême que l'on pourroit fonder ſur le réſultat des expériences de M. Bergman; c'eſt qu'il y a des fontes qui lui ont donné par quintal 97,3 de parties ferreuſes; tandis qu'il y a des fers doux qui n'en ont donné que 69,5, & des aciers que 68,30. Cette fonte ſeroit donc plus riche en ſubſtances de fer, que le fer doux & l'acier; ce que nous ne pouvons admettre.

Malgré toute autorité, la prétendue démonſtration ne peut être qu'illuſoire ; il faut donc prendre une autre route pour percer à la vérité. Le puits n'eſt pas tari, il faut encore travailler pour parvenir à la ſource du fond où elle eſt cachée. Les quantités d'air inflammable ont été ſuffiſamment diſcutées dans les réſultats des trois premiers tableaux, pages 128, 131 & 133.

Il y a trop de diſproportion entre les degrés de chaleur, pour être perſuadé que la méthode employée ſoit ſuffiſante pour connoître ce que chaque variété du fer en contient. Les termes moyens établis entre le fer caſſant à froid & le fer caſſant à chaud, donnent une diſparité qui eſt en rapport de 56 :: 161, & entre la fonte & le même fer caſſant à chaud, 39 :: 161. Il n'y a pas lieu de préſumer, d'après ces différences, que la marche de la nature ſoit celle que l'art lui trace.

La peſanteur ſpécifique établie par M. Bergman, n'eſt pas aſſez juſte, pour ne pas croire qu'il ne ſe ſoit gliſſé des fautes typographiques ; je ſuis bien éloigné de lui imputer ces erreurs : mais, comme il eſt très-utile de connoître les différentes peſanteurs; je vais d'abord donner, d'après ma propre expérience,

le poids ſpécifique du pied cube du même fer, dans des ſituations différentes.

Différentes ſituations du même Fer.	Poids ſpécifique du pied cube du même Fer.			
	Liv.	Onces.	Gros.	Grains.
Fonte griſe.	485.	8.		
Fer doux & ferme de Suède.	545.	10.	4.	7.
Fer de Berry, qualité moyenne	545.	2.	4.	35.
Acier poule cémenté de Suède	530.	1.	3.	28.
Le même acier corroyé, non trempé	546.	4.	5.	46.
Le même acier trempé.	537.	12.	5.	64.
Acier anglois recuit.	548.	5.	0.	41.
Acier anglois trempé.	547.	2.	2.	3.

Je vais placer en comparaiſon les gravités ſpécifiques données par M. Bergman; en corrigeant à très-peu de choſe près les nos. 2, 3 & 4; en ſubſtituant le no 1er, & en ajoutant le poids du pied cube au poids de marc.

Nos.	Sortes de Fonte, Fer & Acier.		Gravité ſpécifique.	Poids du Pied cube.
				Livre.
1.	Fonte	blanche, pauvre	.6601.	462,0.
2.	Fonte	griſe, riche	.6859.	480,1.
3.	Fonte	noire, ſuperſaturée	.7262.	508,3.
4.	Acier	d'Huſaby	.7742.	541,9.
5.	Acier	de M. Quiſt	.7643.	535.0.
6.	Acier	anglois	.7775.	544.2.
7.	Acier	de Forſmarck	.7727.	540,8.
8.	Acier	d'Oſterby.	.7784.	544,8.
9.	Acier	le même trempé	.7693.	538,5.
10.	Fer ductile	de Leufſtad 1.	.7754.	542,7.
11.	Fer ductile	de Braas, rendu ductile.	.7751.	542,5.
12.	Fer ductile	de Braatfors.	.7798.	545,8.
13.	Fer ductile	d'Oſterby	.7827.	547,8.
14.	Fer caſſant à chaud de Norrberk.		.7753.	542,7.
15.	Fer caſſant à froid	de Braas.	.7792.	545,4.
16.	Fer caſſant à froid	d'Huſaby.	.7791.	545,3.

Il eſt à croire qu'il s'eſt gliſſé d'autres erreurs que celles que j'ai obſervées dans la note K, pag. 100 dans les gravités ſpécifiques, tant des fers que des aciers de même genre, puiſque l'on voit une différence de trois liv. par pied cube, entre le fer d'Oſterby & l'acier produit par le même fer, & de même entre le fer d'Huſaby & l'acier en provenant : de plus, qu'il y a 6 liv. de différence entre l'acier recuit d'Oſterby & le même acier trempé; ce qui eſt contraire à nos propres expériences citées plus haut, où l'on voit que ces différences varient tout au plus d'une liv. & demie : le fer d'Oſterby porté à 547 $\frac{8}{10}$, ſe trouve plus peſant que le fer de Leufſtad de 6 liv. $\frac{1}{10}$, quoique de même qualité.

Nous n'avons trouvé de différence entre les fers de première qualité & ceux de Berry, que 8 onces par pied cube, ce qui doit rendre très-circonſpect ſur ces ſortes d'épreuves.

Mais independamment de ces obſervations, il paroît conſtant que les fers de meilleure qualité dans chaque ſorte, ſont ceux qui ont une plus grande peſanteur ſpécifique; que l'acier eſt le plus peſant, & qu'il l'eſt moins lorſqu'il eſt trempé; que le fer caſſant à froid, eſt plus peſant que le fer ductile; que le fer caſſant à chaud, eſt le moins peſant des fers battus; qu'enfin la fonte de fer eſt beaucoup moins peſante, & que ſa peſanteur ſpécifique augmente d'autant qu'elle eſt plus pure, qu'elle eſt plus chargée des principes métalliſans, & qu'elle ſe rapproche de l'état du fer battu.

M. Bergman a cherché à tirer des connoiſſances plus approfondies, par la nature des chaux du fer; d'abord il a tenté la déphlogiſtication au dernier période par le moyen des acides, pour tâcher de tirer l'acide radical du fer, comme l'on tire celui du ſucre, des corps muqueux végétaux & de l'arſenic; mais ces

procédés n'ont eu d'autre ſuccès que de faire connoître l'augmentation du poids des chaux de fer, par l'acide qui s'y eſt concentré. Le fer ductile a donné par cent 39 liv. d'augmentation ; le fer caſſant à chaud, 37 $\frac{1}{2}$ liv., & le fer caſſant à froid 40 livres. Mais les parties fixes ne ſe ſont point décompoſées au point de ſe réſoudre en acide radical, dont M. Bergman préſume que le fer, même tous les métaux ſont compoſés. Quoique cette découverte paroiſſe préſenter les plus grandes difficultés, M. Bergman ne déſeſpère pas d'y parvenir.

Dans la section qui traite du magnétiſme du fer, l'on trouve deux procédés pour compoſer des aimans artificiels, qui démontrent qu'il n'eſt pas néceſſaire que les parties d'un corps que l'on veut a imanter aient beaucoup d'adhérence ni de liaiſon entre elles, puiſqu'il eſt poſſible de faire des aimans très-puiſſans avec de la limaille de fer & d'acier, très-atténuée par l'eau & le mouvement, & incorporée avec de l'huile : comme il eſt de fait, ainſi que je l'ai remarqué dans une note, pag. 20, qu'il y a des aciers qui reçoivent très-difficilement la vertu magnétique, tandis que d'autres s'en impregnent très-facilement & très-abondamment. Il ſeroit fort ſatisfaiſant de connoître à quel degré les différentes variétés de fonte & de fer peuvent ſe charger du principe magnétique, & s'ils préſentent à cet égard des effets ſenſibles & analogues à leur caractère.

L'on ſait que le fer eſt perméable aux écoulemens électriques, comme à ceux du magnétiſme, ce qui fait ſoupçonner avec fondement, que ces deux principes ont beaucoup d'analogie. L'acier reçoit une plus grande affluence d'écoulement d'atmoſphère magnétique que le fer, parce que l'acier contient une plus grande doſe de la matière du feu qui a un grand rapport avec les atmoſphères électriques. Je vais rappor-

ter une obſervation journalière qui appuie ce ſentiment. La fonte de fer blanche, qui a le plus de rapport à l'acier, eſt ſujette à s'éclater en refroidiſſant, même pluſieurs mois après avoir été coulée, & plus particulièrement ſi elle eſt expoſée à l'air. J'ai vu des plaques de fonte & des boulets, ſe briſer avec fracas à la ſuite d'une pluie orageuſe électriſée par le tonnerre, ſur-tout lorſque ces pièces avoient été échauffées auparavant par l'ardeur du ſoleil.

Je connois la plus grande partie des forges du Royaume; je me ſuis informé exactement, dans chacune de celles que j'ai viſitées, ſi le tonnerre y étoit tombé: par-tout j'ai eu une réponſe univoque, que la foudre n'étoit jamais tombée ſur les bâtimens des ateliers de fabrication; que la tradition la plus reculée ne faiſoit nulle mention qu'une forge ait été frappée du tonnerre. Il faut donc que la matière du fer qui eſt toujours en maſſe & en mouvement dans les forges, abſorbe la matière électrique de l'atmoſphère & empêche l'exploſion. On dira peut-être que les forges étant ſituées ſur le cours des eaux qui coulent toujours dans les lieux les plus bas du ſol, doivent être moins ſujettes par leur poſition, à être frappées de la foudre qui briſe plutôt les grands arbres, les tours & les clochers élevés: mais je repondrai à cette objection, que j'ai vu pluſieurs moulins à farine détruits par le tonnerre, quoique ſitués de même ſur des cours d'eau, ainſi qu'un moulin ſitué à 50 pas d'une forge à fer.

J'ai vu auſſi tomber le tonnerre dans le ſous-biez d'un moulin, & faire mourir une grande partie du poiſſon. Il y a donc lieu de croire que l'atmoſphère magnétique des forges abſorbe l'électricité.

M. Bergman après avoir rempli ſa tâche, avoir démontré les réſultats de ſes propres expériences, & en avoir développé les effets, rapporte quelques expériences de M. de Réaumur, concernant l'adou-

ciſſement de la fonte de fer & de l'acier, par les chaux de fer & celle de la pierre calcaire; mais l'effet de cette cémentation, ne détruit pas les corps étrangers qui peuvent être dans le fer & dans l'acier, ni n'y en engendre pas. Ces ſubſtances calcaires, ainſi que nous l'avons dit dans nos notes, ſont très-avides de la matière de la chaleur dont elles dépouillent la fonte & l'acier.

Les expériences de M. Rinman, citées enſuite, ne jettent pas beaucoup de jour ſur la nature du fer. Ce ſavant a tenu en cémentation, avec de la poudre de pierre calcaire, dans des creuſets ſcellés, les différentes variétés, qui en 14 jours ont perdu beaucoup de leur poids: ſavoir,

La fonte de fer ductile.	$\frac{26}{100}$.
La même avec des os calcinés.	$\frac{15}{100}$.
Le fer ductile.	$\frac{22}{100}$.
Le fer caſſant à chaud.	$\frac{32}{100}$.
L'acier naturel.	$\frac{21}{100}$.
L'acier cémenté.	$\frac{24}{100}$.

Il n'eſt pas queſtion du fer caſſant à froid, dans ces expériences qui prouvent que le fer trop long-temps expoſé à l'action d'une chaleur véhémente, s'eſt décompoſé, puiſqu'il eſt devenu plus fragile; ce qui devoit arriver.

Dans le cours de ſon analyſe, M. Bergman tire de ſes expériences, des conſéquences que l'on peut ne conſidérer qne comme des inductions ſur la nature & la quantité des parties conſtitutives du fer dans ſes divers états (ſection IX : G).

La fonte de fer, ou fer crud ſelon cet auteur, contient plus de parties étrangères, c'eſt-à-dire de matière ſiliceuſe, de plombagine & de manganaiſe, ce que l'on doit entendre dans les articles ſuivans; qu'elle eſt moins chargée de phlogiſtique coagulant & de réducteur, que l'acier & le fer; la plombagine ſemble

être néceſſaire à ſa conſtitution ; cependant ailleurs M. Bergman dit que la plombagine s'oppoſe à la fuſibilité du fer, (ſection X : G). Comment accorder deux effets contraires ? car la plombagine étant plus abondante dans la fonte que dans le fer, elle devroit rendre la fonte plus infuſible que le fer ; cependant la fonte eſt fuſible, & le fer ne l'eſt pas : mais c'eſt que la fonte contient moius de phlogiſtique, que de la matière de la chaleur qui eſt le principe de la fuſibilité.

M. Bergman dit que l'acier contient moins de parties étrangères que la fonte, & plus que le fer ; ce qui paroît démontré par ſes expériences qui indiquent auſſi que l'acier eſt doué d'une plus forte doſe de chaleur & de phlogiſtique. Il penſe que la plombagine eſt un principe néceſſaire à l'acier, qu'elle eſt auſſi la cauſe de ſon endurciſſement à la trempe. Nous ne penſons pas de même.

Il eſt certain que l'acier naturel & le cémenté ſont plus purs que la fonte, parce que l'affinage les a dépouillés de beaucoup de matières étrangères : mais comment l'acier cémenté peut-il contenir plus de plombagine, de manganaiſe ou de matière ſiliceuſe, que le fer dont il eſt formé, & dans lequel ſûrement on n'a pu introduire, par les procédés de la cémentation, ni manganaiſe, ni plombagine, ni matière ſiliceuſe ; ou du moins cela n'eſt pas encore vraiſemblable ? On pourroit objecter, en s'appuyant du ſentiment de M. Bergman, que ces ſubſtances étrangères ſe forment par le mécaniſme de la cémentation, & qu'elles deviennent le principe aciérant ; mais il faut le prouver par la démonſtration ; & voici la route qu'il conviendroit de ſuivre.

L'on prendroit du fer doux en quantité ſuffiſante, afin d'avoir des produits aſſez conſidérables pour travailler en grand avec certitude : on le feroit diſſoudre par l'acide vitriolique pour en ſéparer la plombagine ;

la diſſolution bien claire & bien homogène ſeroit précipitée par une liqueur alkaline cauſtique; le précipité ſeroit ſucceſſivement ſéché & mis en digeſtion avec l'acide nitreux, l'acide marin & l'acide du vinaigre; enſuite cette chaux épuiſée de toutes ſubſtances étrangères, ſeroit revivifiée en fonte de fer, affinée enſuite pour la faire paſſer à l'état de fer ductile qui ſeroit converti en acier par la cémentation, & puis analyſé pour connoître s'il ſe ſeroit formé de la plombagine, de la manganaiſe & de la matière ſiliceuſe: alors on pourra décider que ces trois ſubſtances ſont des réſultats de particules ferreuſes détruites & recombinées par une nouvelle modification; & quand on aura bien prouvé cette thèſe; je démonrrerai que la plombagine n'eſt point le principe aciérant, n'eſt point la cauſe de l'endurciſſement de l'acier par la trempe, & que c'eſt uniquement la matière de la chaleur qui eſt plus abondante dans l'acier que le phlogiſtique, qui lui donne la propriété de durcir à la trempe; ainſi qu'au verre qui en eſt également ſuſceptible à un ſi haut degré, qu'il éclate ſeul, parce que dans le verre, la matière de la chaleur eſt unie à la matière électrique, ce qui ſe démontre par le matras de Bologne & la larme batavique.

Le fer doux & ductile à chaud & à froid, ſelon M. Bergman, eſt particulièrement le fer pur. Sa ductilité & ſon élaſticité, procèdent d'une juſte combinaiſon de la matière de la chaleur & du phlogiſtique. Je ſuis d'accord ſur ce point avec ce ſavant. La matière de la chaleūr & le phlogiſtique, ſont deux êtres qui ont une très-grande affinité; ils s'attirent l'un & l'autre, & lorſqu'ils ſont en forces égales, ils concourent au même but; mais lorſque l'un domine l'autre, le dominant déploie toute l'énergie de ſon action, en raiſon de ſon excédence, & diminue d'autant l'effet de celui qui eſt en moins, & qui lui eſt ſubordonné.

Ce juſte point de ſaturation donne la ductilité complète & la ténacité. Dans la fonte & l'acier, c'eſt la matière de la chaleur qui eſt prédominante ; auſſi l'acier a-t-il plus de diſpoſition à la fuſibilité que le fer, ce qui le rapproche de l'état de la fonte qui de toutes les varietés du fer eſt douée prééminement de la propriété fuſible ; elle eſt privée de la ductilité & preſque de l'élaſticité.

M. Bergman en expoſant ſon ſentiment ſur la cauſe de la fragilité du fer caſſant à chaud, penſe qu'elle procède d'un corps quelconque qui déteriore le phlogiſtique du fer, & lui donne une mauvaiſe odeur. Le phlogiſtique n'a pas beſoin d'être impregné de rien de vicieux pour exhaler une odeur déſagréable, importune ; ſur-tout celui qui ſe developpe du fer & du charbon. Cette odeur peut cependant être encore ſurchargée par la conſtitution des corps dont il ſe ſépare, c'eſt-à-dire, par les ſubſtances huileuſes qui ſe combinent avec lui; mais nous ſommes fondés à croire que ce n'eſt que la ſurabondance du phlogiſtique qui produit le vice du fer caſſant à chaud. Le phlogiſtique uni à l'air, eſt l'aliment du feu : un corps qui en eſt ſurchargé, & qui eſt expoſé au feu, en eſt promptement pénétré. Le feu cherche ſon aliment diſſéminé dans les molécules du fer, les ſépare, les brûle, & cette deſtruction légère empêche de rallier les parties du fer, & de ſe ſouder à chaud.

M. Bergman n'eſt pas bien éloigné de ce ſentiment : car il reconnoît dans le fer caſſant à chaud, une ſurabondance de phlogiſtique : il eſt vrai qu'il met la matière de la chaleur auſſi en plus dans cette variété de fer, dans lequel je conſidère le vice de caſſant à chaud, comme procèdant d'une ſurabondance de phlogiſtique, & en excédance à la matière de la chaleur.

Le fer caſſant à froid tire l'origine de ce défaut, ſelon

M. Bergman, de la chaux blanche qui ſe précipite de la diſſolution du fer, (exp. 268), dans l'acide vitriolique; laquelle il regarde comme ſurchargée de phlogiſtique. Je penſe au contraire, que cette chaux eſt plus chargée de la matière de la chaleur, & que ce ne pourroit être qu'à cet égard qu'elle pourroit contribuer à la fragilité du fer caſſant à froid; car je ſuis bien perſuadé que ce n'eſt que l'excès de la matière de la chaleur qui rend le fer caſſant à froid, ainſi que l'acier dont il eſt très-voiſin, & il n'en diffère que du plus au moins; car tout fer caſſant à froid, montre la propriété de l'acier, c'eſt-à-dire, de chauffer promptement, & de prendre de la dureté à la trempe.

Je ſuis très-convaincu que la quantité différente & reſpective de la matière de la chaleur & du phlogiſtique, forment la ſeule cauſe des variétés du fer, ſans avoir égard aux matières étrangères. Plus de matière de la chaleur & moins de phlogiſtique, produiſent une couleur blanche, une ſubſtance grainue, la fuſibilité & la fragilité à froid dans la fonte, l'acier & le fer caſſant à froid. Une doſe de l'une & de l'autre, balance les effets de l'excès, donne une couleur griſe, une étoffe fibreuſe, de la ténacité & de la ductilité dans tous les cas; tel, le fer doux & ductile. Plus de phlogiſtique que de matière de la chaleur, rembrunit la couleur griſe, augmente le nerf, décompoſe une partie de la ſubſtance du fer, le fait brûler; tel, le fer caſſant à chaud: auſſi voit-on que cette variété du fer contient plus de ce que M. Bergman appelle plombagine.

L'on dira; mais certain minerai de fer, donne conſtamment du fer ductile; un autre, du fer caſſant à chaud; un autre, du fer caſſant à froid. J'ai deux reponſes à faire à cette objection qui eſt très-fondée, & qui ſembleroit attaquer mon ſentiment par ſes baſes.

La première eſt de pratique : que l'on me donne une gueuſe de fonte de fer, diviſée en quatre parties, ou quatre gueuſes coulées du même jet de fonte, laquelle ſera conſéquemment identique. Avec le n°. 1er, je ferai du fer très-doux, nerveux, duĉtile à chaud & à froid, du fer de bonne qualité. Avec le n°. 2e, je ferai du fer caſſant à froid. Avec le n°. 3e, je ferai du fer, partie fer duĉtile, & partie acier. Avec le n°. 4e, je ferai de l'acier pur & homogène. J'emploierai cependant le même foyer, pour conſerver les mêmes ſoufflets ; j'uſerai du charbon pris au même tas, pour les quatre opérations ; je ne ferai que changer la forme du foyer & la direĉtion du vent, & plus ou moins travailler le fer. Voilà un fait qui ſe paſſe tous les jours ſous les yeux de ceux qui veulent le voir ; & ſouvent un affineur demande à ſon maître, s'il travaillera en fer doux, en fer caſſant, ou en fer fort qui eſt aciéreux.

Il arrive tous les jours, que l'on trouve des fers caſſants, lorſqu'ils ſont en barres brutes, telles qu'elles ſortent de la première fabrication ; & qu'en les corroyant ou en les paſſant au reverbère des fenderies & des platiſſeries, ces fers reprennent du nerf & de la duĉtilité, en perdant leur fragilité à froid.

De ces faits, ne peut-on pas conclure, que ce ne ſont point des matières introduites qui ont modifié ces fers provenans de la même fonte, & que ce n'eſt que la manière d'appliquer le feu aux molécules métalliques, pour les imprégner à volonté, plus ou moins, de la matière de la chaleur ou du phlogiſtique?

Quant aux propriétés des minerais qui impriment des caraĉtères conſtans dans chaque eſpèce, & varians dans chaque genre, ces cauſes ne ſont point occultes.

En général, il n'y a que trois ſubſtances terreuſes, la vitreſcible, l'argilleuſe & la calcaire ; toutes les au-

tres terres différemment qualifiées, ne ſont que des dérivés & des nuances de ces trois baſes fondamentales. En écartant les ſubſtances métalliques & les principes minéraliſateurs qui peuvent être combinés avec les minerais, nous verrons que la ſubſtance vitreuſe ſurabonde en matière de la chaleur, & que toutes les mines qui en ſont impregnées, donnent des fers caſſans à froid, & produiſent de l'acier; mais pour cette dernière variété de fer, lorſque le minerai n'en contient pas aſſez, on y en ajoute pendant l'opération.

La ſubſtance calcaire au contraire, eſt très-pauvre en matière de la chaleur, en eſt très-avide & contient du phlogiſtique; elle produit des fers doux & ductiles. Une juſte doſe de ces deux ſubſtances produit un merveilleux effet, en ce que, ſe ſervant mutuellement de fondant, elles ſe pénétrent, ſe diſſolvent, combinent leur principe au point de la ſaturation, accélèrent la fuſion du minerai, ne fourniſſent à la fonte aucun principe additionnel, ſurabondant; & il en réſulte un fer fort nerveux, doux & ductile. C'eſt ſur ce principe qu'eſt fondée une excellente obſervation de pratique qui a démontré l'avantage de combiner les minerais calcaires avec les vitreſcibles, pour les traiter dans les grands fourneaux de fonderie. Lorſque l'on n'a que des minerais vitreſcibles ou argilleux, il faut y combiner de la caſtine ou pierre calcaire, & *vice verſâ;* ſi l'on n'a que des minerais calcaires, il faut y employer du quartz ou de l'argile.

Les nuances infinies des variétés de la propriété des fers, procèdent bien plus de la graduation de l'excès ou du moins du principe du feu; & du phlogiſtique, que des ſubſtances métalliques ou autres qui peuvent y être combinées ou interpoſées, & d'après ces principes fondés ſur la pratique, voici un tableau hypothétique de ces proportions dans les variétés du fer.

Tableau hypothétique des quantités reſpectives de la matière de la chaleur & du phlogiſtique qui conſtitue les différentes variétés du fer.

Variétés du Fer.	Matière de la chaleur ou feu fixe.	Phlogiſtique, ou feu volatil.
Fonte blanche. .	150. . .	50.
Fonte griſe. . .	140. . .	60.
Fonte noire. . .	135. . .	65.
Régule.	120. . .	80.
Acier.	110. . .	90.
Fer doux ductile. .	100. . .	100.
Fer caſſant à chaud.	95. . .	105.
Fer caſſant à froid.	105. , .	95.

Je ne prétends pas aſſigner des quantités poſitives mais ſimplement proportionnelles, à très-peu près.

Je penſe que pour parvenir à connoître parfaitement les parties conſtitutives du fer, & celles des matières étrangères métalliques qui peuvent ſe combiner, & les terreuſes qui s'interpoſent avec les molécules du fer, l'on ne devroit pas négliger de faire des analyſes exactes de tous les recrémens des forges, même des mines de chaque caractère ; afin de connoître d'abord quelles ſont les ſubſtances qui ſont minéraliſées, combinées & mélangées avec les minérais, & qui peuvent s'unir au fer dans les diverſes opérations de ſa métalliſation : d'un autre côté, en examinant les recrémens du fer, l'on découvriroit les matières qui s'en ſéparent plus ou moins, & dont des portions peuvent reſter unies au fer par l'effet de l'inexactitude des opérations de l'affinage.

Les mines les plus importantes à examiner, ſont les mines primitives minéraliſées en filons. Il y en a une

une nombreuſe variété dans les hautes montagnes.

Les mines ſecondaires en hématites qui ſont dépopoſées en bancs, comme les pierres calcaires ſur les pays élevés.

Celles en hématites en pierre qui ſont enſachées dans les rochers calcaires, ſur les moyens côteaux.

Les mines limoneuſes, en marrons, piſolites, oolites, gréluche, ſable & limon, qui occupent les vallées, les plats-pays & les marais.

Enfin, les mines aérées qui ſont des débris des mines entraînées, ſont errantes ſur la ſurface de la terre, & qui y ont ſéjourné long-temps.

Toutes ces mines dont la nomenclature eſt auſſi inutile ici qu'elle eſt immenſe, ſont exploitées dans les forges françoiſes diſtribuées dans les différentes provinces.

Les recrémens des forges ſont très-nombreux; leur analyſe jetteroit beaucoup de jour, non-ſeulement ſur la phyſique du fer, mais même donneroit des connoiſſances chymiques qui contribueroient à la rectification des opérations des forges.

Les recrémens qu'il conviendroit analyſer, ſont:

1°. Les laitiers vitreux des fourneaux, qui ſont compactes, peſans ou légers, opaques ou tranſparens, de couleur verte, bleue, griſe, noire, blanche, gris de lin.

2°. Les grappes qui s'élèvent & s'attachent au deſſus de la tympe des fourneaux, & au taqueret.

3°. La pouſſière griſe qui s'attache à la poitrine & les marâtres du fourneau.

4°. Les fleurs blanches, griſes ou brunes qui s'attachent autour de la bure ou orifice ſupérieur du fourneau, que l'on nomme ordinairement gueulard.

5°. Les matières qui ſe ſubliment & s'attachent dans l'intérieur du fourneau au deſſous de la charge; c'eſt-à-dire, 4 à 5 pieds au deſſous de la ſurface de la bure.

6°. La limaille qui ſurnage la fonte noire, s'attache aux ringards du fourneau, & flotte dans l'air.

7°. Le régule du fer qui ſe forme au deſſous du bain, & que l'on retire du fourneau après qu'il eſt hors de feu, ſouvent en maſſes énormes.

8°. Les laitiers recuits qui environnent ces maſſes que l'on nomme ſarrazins, & qui forment tantôt un quartz artificiel, tantôt une eſpèce de porcelaine.

9°. La mine coagulée qui s'attache au haut des étalages qui compoſent le ſecond foyer intérieur.

10°. Les ſcories qui proviennent de la fonte refondue dans des mazeries au feu excité par le vent des ſoufflets.

11°. Les ſcories qui reſtent dans les fours de révèrbères dans leſquels on refond la fonte au feu de flamme de charbon de terre.

12°. Les ſcories qui ſortent par le chiot des affineries, & qui ſont de deux caractères, ſavoir, les laitiers doux & les laitiers aigres ou tranchans, riches ou pauvres.

13°. Ces mêmes laitiers rebrûlés.

14°. Les laitiers de toutes les eſpèces de chaufferie, doux & aigres, riches ou pauvres.

15°. Les grappes qui s'attachent au deſſus de la tuyère, au mureau des affineries.

16°. Les incruſtations qui ſe forment après les pierres des ſurfaces intérieures des cheminées, des affineries & des chaufferies, & de tous les autres foyers.

17°. Les grains du ſtock.

18°. Le hameſelack du bache.

19°. L'eſpèce d'æthiops qui pénètre le blocage du ſtock, & ſe durcit en ſchlich, autour de la baſe de l'enclume ſous le blocage.

20°. La matière pulvérulente qui ſe dépoſe ſur le drome des ordons de marteau.

21°. Le cambouis des tourillons, des roues, des

baſſes-comtes & des cammes; des tenailles, des chocs & des lires des fileries, lequel eſt une eſpèce d'æthiops martial fait par les corps gras.

22°. Le ſafran de mars qui ſe forme de la décompoſition des pièces de fonte expoſées au feu de flamme dans les réverbères, telles que les châſſis des bouches des naſes & des toqueries.

23°. Le ſafran de mars qui s'attache à l'entrée des bouches des fours de réverbère dans leſquels on chauffe du fer battu pour les fenderies, les ferblanteries & platiſſeries.

24°. Les pailles de fer des fenderies qui ſont produites par la ſurface d'un fer décompoſé par la flamme, ſouvent qui criſtalliſe comme le givre aux vitres des appartemens.

25°. Les eaux aigres des ferblantiers qui ont ſervi long-temps à décaper.

26°. Les ſcories des aciéries, lorſque l'on mazelle la fonte; celles lorſque l'on fait l'acier, & celles lorſqu'on le chauffe ſeulement pour l'étirer.

27°. Les ſcories des almanderies où l'on chauffe & l'on fait des pâtés d'acier cémenté & naturel pour le corroyer.

28°. Les pailles du fer ductile, du caſſant à chaud & du caſſant à froid, qui tombent au pied de l'enclume, lorſque l'on ne fait que chauffer & étirer; ce ſont des parties décompoſées du fer, elles ſont fragiles & attirables.

29°. Les pailles de même nature, provenant du forgéage de l'acier.

Il conviendroit auſſi de faire des analyſes comparatives de la fonte de première goutte, ou provenant immédiatement de la fuſion du minerai, avec la même fonte refondue au feu du ſoufflet & au feu de réverbères, & celle expoſée long-temps à l'action de la flamme, au point de la rougir au blanc. Ce dernier

point eſt ſingulièrement intéreſſant pour l'artillerie, & pour ſtatuer ſur une conteſtation élevée ſur le rougiſſage des boulets.

Il ſeroit bien utile d'examiner avec attention le caractère particulier des caſtines les plus propres à ſervir, tant de fondant que de correctif, & de même celui de l'herbue que l'on emploie au fondage des mines, afin de déterminer invariablement, avec connoiſſance de cauſe, les eſpèces de ces deux ſubſtances les plus propres. Les uns emploient la pierre griſe; les autres la pierre blanche, brillante, le ſpath; d'autres la craie, le tuf; d'autres enfin, les coquillages. Il n'y a rien de précis ſur la préférence que l'on doit donner à ces matières dont le caractère influe toujours ſur la quantité du produit d'un fourneau, & ſur la qualité de la fonte qui en provient.

Un autre point de phyſique bien deſirable, c'eſt de parvenir à déterminer quel eſt le véritable point de perfection de l'état du fer, dans lequel il ne ſoit contenu nulle autre choſe que ſes propres élémens, dans la juſte proportion qui conſtitue l'unité & la pureté du fer, avec toutes ſes propriétés dans le haut degré de perfection, c'eſt-à-dire, ſon plus haut titre; ainſi que l'on connoît que le cuivre & l'argent ſont à douze deniers, & l'or à vingt-quatre karats.

La coupelle que l'on emploie pour ces trois derniers métaux, n'eſt pas praticable pour le fer; puiſque l'on s'en ſert pour ſcorifier le fer, & le ſéparer des métaux fins que l'on veut affiner. Il faut donc recourrir au départ par les acides, y employer les procédés indiqués par M. Bergman, pour enlever au fer précipité en chaux, les parties étrangères qui ont été diſſoutes par l'acide vitriolique, & qui peuvent être attaquées par d'autres acides; procéder enſuite, après l'édulcoration & la calcination des chaux, à leur revivification. Le fer en cet état ne ſera pas du fer mal-

léable ; ce ne ſera que de la fonte de fer qu'il faudra affiner par le corroyement, le ſuage & le martelage, au point du fer ductile & infuſible ſans interméde. Alors ce fer, ſi on a ſu ne lui donner que la juſte doſe de matière de la chaleur & du phlogiſtique, ne participera en rien de l'acier, ni du fer caſſant à chaud, ni de celui caſſant à froid ; il ſera doux & ductile à chaud & à froid, ne durcira point à la trempe, enfin ſera du fer au titre.

Mais l'on ne ſaura jamais préciſément combien il aura perdu des matières étrangères ; car la diminution qu'il aura éprouvée par la diſſolution, la revivification & l'affinage, ne donnera pas le poids ſeulement des parties étrangères ſéparées ; puiſque le fer a une ſi grande affinité avec la matière de la chaleur, qu'il s'en ſurcharge dans ſa ſuperficie, laquelle ſe décompoſe & paſſe à l'état de ſcories, ce qui fait une ſouſtraction ſouvent très-conſidérable du poids du fer.

Ces moyens d'éprouver le titre du fer, ou plutôt ſa pureté, ſont longs & diſpendieux, & ne ſont praticables que dans la phyſique pratique, & non dans le commerce, ou pour les arts qui exigent des fers de la plus haute qualité, tels que l'artillerie. Mais ces moyens, tout longs & diſpendieux qu'ils ſont, ne ſont point à négliger pour avoir un point & une baſe uniformes de comparaiſon, pour juger de la qualité des différentes variétés du fer qui ſe fabriquent & qui circulent.

Il eſt pluſieurs moyens d'en faire la comparaiſon ; en voici un que je propoſe, d'après les principes d'hydroſtatique poſés par Archimède.

L'on formera avec le fer fait par les procédés que nous avons indiqués, un parallélipipede de 4 pouces de longueur & de 2 pouces d'épaiſſeur, forgé & contreforgé à chaud & nullement à froid ; il ſera calibré bien juſte, à angle droit, limé & poli ; l'on en con-

ſtatera le poids dans l'air & dans l'eau diſtillée au terme de 15 degrés ; il peſera environ 5 liv. & plus, & environ 546 liv. le pied cube.

Le poids & la peſanteur ſpécifique ſeront la baſe de comparaiſon, pour juger de la qualité des fers : ceux qui peſeront moins, ſeront des fers caſſans à chaud : ceux qui peſeront plus, ſeront des fers aciéreux caſſans à froid.

On démontrera encore la qualité aciéreuſe de ces derniers, en les faiſant chauffer blanc & tremper ; ſi après qu'ils auront ſubi cette trempe, leur peſanteur ſpécifique diminue, c'eſt une preuve qu'ils ſont aciéreux, & les degrés de diſtinction de leur peſanteur ſpécifique après cette épreuve, indiqueront le plus ou moins d'acier qu'ils contiennent.

La différence de la peſanteur ſpécifique du fer ductile avec les fers caſſans à froid, eſt dans les extrêmes, 7751 : : 7792, ſuivant M. Bergman.

Dans les forges, il eſt d'uſage de dire que les fers doux ne reviennent pas à la balance, & que les fers caſſans à froid y reviennent bien ; c'eſt-à-dire, qu'il faut plus de barres, de même calibre, de fer doux pour peſer le millier, que de celui qui eſt caſſant à froid. Les forgerons dont les ſalaires ſont fixés au millier, aiment mieux travailler dans les fers caſſans, que dans les fers doux. Les fibres du fer doux ſe déſuniſſent, gonflent ſon étoffe, & lui font occuper plus de volume ; au lieu que les fers caſſans à froid dont la pâte eſt grenue, reſſerrent leur étoffe, en concentrent le tiſſu & lui donnent plus de denſité : ce qui me fait croire que la matière du fer qui domine dans le fer caſſant à froid, & dans l'acier, eſt ſpécifiquement plus peſante que le phlogiſtique qui domine dans le fer caſſant à chaud, & eſt en volume égal dans le fer doux.

Il y a pluſieurs autres moyens de meſurer les de-

grés de force, d'élaſticité & de tenacité des fers, par des poids ſuſpendus aux extrémités d'une barre de fer en équilibre, par des efforts avec des viſſes, ou par des fils calibrés auxquels on ſuſpend des poids juſqu'à ce qu'ils rompent.

En réſumant ici le but de l'ouvrage de M. Bergman & de mes obſervations, qui eſt de connoître les cauſes originaires des variétés du fer, j'obſerverai que quoique j'aie combattu en pluſieurs points l'opinion de M. Bergman, je lui dois la juſtice d'avouer que je lui ai la plus grande obligation, en mon particulier, des nombreuſes expériences qu'il a faites, toutes auſſi ingénieuſes qu'elles ſont lumineuſes; & ſi elles n'ont pas porté toujours un caractère d'évidence dans les réſultats, ni concouru au but de l'auteur, c'eſt qu'elles ont été faites peut-être à trop petites doſes: mais elles m'ont confirmé dans le ſentiment que j'ai déja développé dans le traité ſur l'acier que je publierai inceſſament, lequel ſentiment eſt fondé ſur la matière de la chaleur & du phlogiſtique qui ſeuls opèrent les différentes variétés du fer, ſans rejeter les parties étrangères qui peuvent être combinées avec le fer, & peuvent ſeulement modifier quelques-unes de ſes propriétés.

Je ne crois pas qu'aucun ſavant avant moi, ait avancé ces principes dont M. Bergman n'eſt pas éloigné; je les développerai & les porterai au point de la conviction dans l'ouvrage dont je viens de parler. Ce que j'en ai dit dans cet Appendice, ſuffit pour mettre ſur la voie, & pour rendre mon ſentiment au moins vraiſemblable.

En reliſant ma correſpondance avec le célèbre Alexis-Fréderic Cronſtedt, Intendant des mines de Suède, je trouve dans deux lettres datées d'Aveslad, des 14 mai 1760 & 2 février 1761, des obſervations qui ont un très-grand rapport avec l'objet des recherches de M. Bergman.

Dans la première, après avoir approuvé ma manière de chercher à connoître les parties conſtitutives du fer, plutôt que de s'attacher aux couleurs, aux angles & aux facettes des criſtaux, ce ſavant me parle de la matière blanche qui ſe trouve au fond des fourneaux, que j'avois démontrée & analyſée, laquelle il juge être analogue à la fleur du fer; » que l'on peut » imiter & en faire *ſur la poitrine*, (manière de s'ex- » primer en Suède) comme on dit ailleurs, (*in volâ* » *manus*), la revivifier & la rendre attirable à l'aimant, » même à la flamme d'une chandelle. »

Dans ſa ſeconde lettre, M. Cronſtedt parle des expériences de MM. Rinman & Quiſt qui ont obſervé qu'une ſurabondance de phlogiſtique rend le fer infuſible, ce qui pourroit ſervir à diſtinguer le fer de la fonte & de l'acier, quand même on regarderoit comme une erreur populaire, qu'il entre plus de phlogiſtique dans l'acier que dans le fer.

Il parle plus particulièrement d'une matière noire, écailleuſe & ſoyeuſe qui ſe forme dans les fourneaux des forges, quand la proportion du charbon ſurpaſſe celle du minerai. C'eſt cette ſubſtance noire dont j'ai parlé dans mon mémoire ſur les métamorphoſes du fer en 1761, ſous le nom de *limaille*, & dont j'ai fait mention dans cette traduction.

M. Cronſtedt dit qu'il a trouvé un grand rapport entre cette ſubſtance & la molybdène, & avec les ſcories d'un bitume brûlé qui ſe trouve dans les mines de fer de Suède (mine de fer ſpéculaire); que les expériences que M. Quiſt a faites ſur cette molybdène, ſont aſſez remarquables, & qu'il a obſervé que cette molybdène eſt indeſtructible au feu, lorſqu'elle eſt en contact avec les charbons; mais, que ſi on l'expoſe au feu de calcination, elle s'envole & ſe ſublime ſous une forme cotoneuſe, qui ſe détruit en étincelles; que ſi on peut raſſembler de ces flocons, on reconnoît que ce ſont des fils ou des criſtaux; qu'il croit

que c'eſt un compoſé de ſoufre & de fer, mêlé de tant ſoit peu d'étain. Nous aſſurons que ce n'eſt point du ſoufre qui conſtitue cette eſpèce de molybdène, puiſqu'elle ne détonne pas avec le nitre.

Il ne faut pas que le terme de molybdène faſſe ici équivoque ſur le mot, parce que M. Cronſtedt s'eſt ſervi du même terme pour exprimer & la molybdène proprement dite, & la plombagine qu'il a rangée dans deux ordres de minéraux ; & c'eſt avec toute juſtice de cauſe que M. Bergman lui reproche dans cette diſſertation, cette bigamie de nom. J'avois de même prévu cette amphibologie, lorſque M. Cronſtedt m'envoya le plan de ſa minéralogie qu'il fit imprimer en allemand, ſous l'anonyme, parce qu'il attaquoit de front le ſyſtême du Chevalier Linné ; mais il n'étoit plus temps de rectifier cette erreur de mots. Il n'en eſt pas moins conſtant que cette plombagine que M. Bergman a retirée du fer dans ſes divers états, a la plus grande analogie avec cette prétendue plombagine de M. Cronſtedt, ſur laquelle M. Quiſt a fait des expériences, & que j'ai apperçue dès que je me ſuis occupé du fer. Je l'ai démontré à l'académie des ſciences, en 1761, dans mon mémoire ſur les métamorphoſes du fer, que je n'ai fait imprimer qu'en 1775, pour le réunir à mes différens mémoires académiques.

L'obſervation de M. Bergman n'en a pas moins de mérite ; elle confirme des faits avancés & démontrés, que des ſubſtances qui peuvent ſe ſéparer de la fonte, peuvent auſſi ſe perpétuer dans les diverſes variétés du fer qui en procèdent. Je ſuis bien perſuadé que ce ſavant pouſſera plus loin ſes recherches ſur cet objet.

Je m'impoſe de mon côté, au premier moment de loiſir, l'obligation de m'occuper très-ſerieuſement de cette matière étrangère & accidentelle au fer, mais qui ne procède pas moins d'un principe ferrugineux, uni à la ſubſtance talqueuſe : elle a même beau-

coup d'analogie avec les mines de fer ſpéculaires, réduite en ſchlich par la nature.

C'eſt entre ces deux ſubſtances que je me propoſe de partager mon attention & de faire un travail comparatif. J'invite d'autres ſavans à s'en occuper, pour raſſembler un plus grand faiſceau de lumière ſur la phyſique du fer, qu'il eſt temps de faire ſortir de l'enfance & de la barbarie.

L'or & l'argent ne ſont que trop connus par ceux qui en abuſent; le fer ne l'eſt pas encore par ceux qui en ont beſoin.

Pendant l'impreſſion de cet ouvrage, j'ai lu dans le journal des ſavans du mois d'octobre 1782, un extrait fort ſuccint de la diſſertation de M. Bergman, dans lequel l'auteur qui ne s'eſt pas fait connoître, obſerve judicieuſement que la théorie que M. Bergman fonde ſur ſes expériences, eſt bien contraire aux principes établis par M. Crawford, qui croit que plus une ſubſtance contient de phlogiſtique, moins elle contient de principe de la chaleur.

Je regrette de n'avoir eu aucune connoiſſance des ouvrages de M. Crawford; mais quoi qu'il en ſoit, tous les principes que j'ai poſés ſur la théorie de la chaleur & du phlogiſtique, ſont conformes à celui qu'il paroît que M. Crawford a adopté; & l'on verra par le tableau que je préſente de ces proportions de la chaleur & du phlogiſtique qui caractériſent les différentes variétés du fer, qu'elles ſont d'accord à cette doctrine, pag. 176.

Les moyens que M. Bergman a employés pour meſurer & peſer les quantités reſpectives de ces principes conſtitutifs du fer, ne paroiſſent pas ſuffiſans pour les développer; car, d'après la théorie de ce ſavant, il faudroit croire que la chaux du fer ſoumis à la diſſolution dans l'acide nitreux, ne contiendroit plus de la matière de la chaleur, ce qu'il n'eſt pas poſſible de préſumer.

MÉMOIRE

Sur les Moyens de perfectionner le travail des Ancres de Marine,

Lu à l'Académie des Sciences le 20 décembre 1780.

Par M. Grignon, Chevalier de l'ordre du Roi.

AYANT eu occaſion de jeter un coup d'œil ſur les travaux des forges de Guerigny & de Coſne, dans leſquelles on fabrique les ancres pour la marine royale, j'ai cru appercevoir la néceſſité & les moyens de perfectionner ce travail.

Une ancre eſt une maſſe de fer ſouvent énorme dans ſes diverſes proportions; elle doit oppoſer au vaiſſeau une réſiſtance ſupérieure à l'impulſion qu'il reçoit des vents, des courans & des lames.

Si les molécules des métaux fondus, & particulièrement de la fonte de fer, avoient la même adhérence entre elles que celles des métaux forgés & ſoudés, l'on préféreroit ſans doute la méthode de couler des ancres à celle de les forger; parce que des ancres coulées d'un ſeul jet, ſeroient compoſées d'une maſſe plus pleine & ſous une forme plus regulière que celle de fer forgé; elles auroient même l'apparence de comporter moins de ces défauts extérieurs qui ſont inévitables dans le forgéage des groſſes pièces; mais elles ſeroient plus fragiles, parce que l'action du feu dans la fuſion des métaux, opère une ſorte de diſſolution des parties conſtitutives, & y introduit une ſub-

ſtance qui s'interpoſe entre les molécules métalliques, & conſéquemment en affoiblit la liaiſon & la réſiſtance.

L'on eſt donc obligé de compoſer les ancres de fer forgé ; & après avoir tenté ſans ſuccès d'en faire avec des loupes additionnelles, même avec des miſes ſuperpoſées, on s'eſt vu forcé de compoſer la maſſe des ancres avec des barres de fer rangées par lits les unes ſur les autres, & dont on forme des trouſſes. Ces barres ſont liées avec des frettes, afin de les contenir dans l'ordre qu'on les range, avant que de les expoſer au feu qui doit les amollir au point de pouvoir être ſoudées, au moins extérieurement, par la percuſſion d'un gros marteau mu par l'eau (A).

La tige & les deux bras des ancres, ſont donc compoſés de trouſſes, qui, après avoir été corroyées ſéparément, ſont ſoudées enſemble en un ſeul point qui eſt celui de la croiſée de l'ancre. L'on ſoude enſuite une patte à l'extrémité de chaque bras ; cette ſoudure ſe fait d'une ſeule chaude, auſſi eſt-elle toujours incomplete.

Enfin, l'on perce dans le carré de la tige, à l'extrémité de la culaſſe, un trou pour recevoir l'organeau. Ce trou ſe fait avec un ſeul poinçon, ou ſucceſſivement avec pluſieurs que l'on force de pénétrer dans le vif de la maſſe carrée, ſous les coups du gros marteau, ou à force de marteaux à bras.

De ces trois opérations principales, il réſulte trois défauts eſſentiels.

1°. La maſſe de la tige & celle des bras ne ſont point ſoudées intérieurement.

2°. Les pattes ne ſont jamais ſoudées dans toute

(A) Il n'y a pas long-temps que l'on faiſoit en Suède, les ancres avec des loupes poſées par échelons, & ſoudées les unes aux autres. Je ne ſais ſi l'on continue actuellement à ſe ſervir du cette méthode.

la longueur de la partie du bras auquel elles touchent.

3°. Enfin, le trou de l'organeau eſt rarement au centre de la partie carrée de la tige, & les maſſes qui l'environnent ſont gercées, fendues & crevées par l'effort du poinçon qui ne perce qu'en écartant les parties de l'étoffe, ce qui la déſunit & en rompt le tiſſu; d'où réſulte un affoibliſſement qui prépare la ruine de cette partie, ſur-tout de celle qui eſt la plus mince, parce qu'elle céde à l'effort en raiſon de ſa dégradation & du moindre volume de ſa maſſe. Les accidens qui arrivent fréquemmment aux ancres dans les épreuves ou dans le ſervice, démontrent la vérité de mes obſervations. Si l'on examine les ancres qui rompent, ſoit dans le gros des bras, ſoit dans leur tige, l'on voit qu'il n'y a que le pourtour extérieur qui ſoit ſoudé; tandis que les barres de l'intérieur ne ſont que juxtapoſées ſans aucune adhérence intime.

J'ai remarqué ce défaut eſſentiel dans différents ports, ſur pluſieurs ancres rompues, particulièrement au Croiſic en Bretagne, où l'on a retiré de la mer une partie de l'armement & des agrêts du Soleil-Royal qui a été brûlé près de ce port. Parmi ces pièces, il y a une ancre du plus gros calibre; elle eſt rompue aux deux tiers de la longueur de ſa tige; dans cette fracture qui n'a pu être occaſionnée que par un très-violent effort, l'on voit diſtinctement que toutes les barres du milieu de la tige n'ont aucune adhérence entre elles; même celles du centre ont été arrachées de huit à dix pouces de longueur, par l'effort qui a fait plier & rompre cette tige; qu'elle ne tient plus que par l'écorce extérieure au côté oppoſé à celui par lequel elle a été entamée.

Si ces barres intérieures euſſent été ſoudées entre elles, qu'elles euſſent formé une maſſe continue du centre à la circonférence; ou l'effort qui a rompu cette ancre, eût été mille fois ſupérieur; ou elle n'eût pas cédé à ſon choc.

Mais l'on ne parviendra jamais à ſouder les barres qui forment l'intérieur de la tige & des bras des ancres, en ſuivant les procédés uſités dans les manufactures de Guerigny & de Coſne : car il n'eſt pas poſſible que le feu puiſſe porter aſſez d'action dans le centre d'une maſſe de fer, ſouvent de 13 à 14 pouces de diamètre, & compoſée de parties diſtinctes, pour aviver le fer & l'amollir au point d'en ſouder toutes les parties.

Les barres de fer qui compoſent les trouſſes, ſont couvertes dans toute leur ſurface, d'une écorce de fer décompoſé par l'action de l'air & de la chaleur du fer, pendant qu'il a été forgé & étiré. Tant que cette écorce ſubſiſte, on ne peut ſouder ces barres entre elles ; pour la détruire, il faut la vitrifier, & empêcher que le contact de l'air n'en forme ſucceſſivement de nouvelles.

Cette écorce ferrugineuſe ne peut ſe vitrifier par le ſeul effet de la chaleur ; il faut le contact immédiat du feu en action, qui mette non-ſeulement le fer en incandeſcence, mais encore dans l'état brûlant, pour que ſa première ſurface entre en fuſion, & que les parties qui ſont immédiatement au deſſous, ſoient dans un état de molleſſe qui permette aux molécules reſpectives des deux morceaux qui ſe touchent, de ſe confondre entre elles, & de s'unir intimement par l'effet de la percuſſion du marteau qui exprime au dehors des maſſes, les parties vitrifiées & fluides : voilà le méchaniſme de la ſoudure du fer.

D'après ces vérités inconteſtables, l'on ne peut ſe refuſer à l'évidente impoſſibilité de faire ſouder entre elles les barres qui occupent le centre des trouſſes qui doivent former les maſſes des tiges & celles des bras des ancres, puiſqu'il n'eſt pas poſſible d'y porter l'action immédiate du feu, & de faire vitrifier le fer décompoſé qui peut y être interpoſé.

Pour éviter, autant qu'il eſt poſſible, les accidens qui réſultent du défaut de ſolidité des tiges & des bras des ancres, & pour donner à ces pièces toute la force dont elles ſont ſuſceptibles, il faut adopter une autre méthode de les travailler, ſans en changer le ſyſtême fondamental qui eſt bon.

Je propoſe donc, au lieu de compoſer les tiges & les bras des ancres d'une ſeule trouſſe, de les former de pluſieurs ſucceſſives. La première ſera de la moitié de la groſſeur pour les ancres de moyen échantillon, & l'on en fera trois pour celles du plus gros calibre, telles que celles de ſept à onze milliers. C'eſt le ſeul moyen d'avoir des maſſes ſoudées juſqu'au centre.

Lorſque la première trouſſe ſera forgée, elle pourra ſe nommer le noyau; elle ſera compoſée de barres dont la qualité aura été éprouvée, elle ſera forgée ſucceſſivement ſous une forme légérement méplate. Lorſqu'elle ſera finie, l'on placera ſur toutes ſes faces une quantité ſuffiſante de nouvelles barres de fer contenues par des liens, afin qu'elles ne ſe dérangent pas dans la chauffe & le forgéage. L'on aura attention de groſſir graduellement ces trouſſes, ſuivant les proportions des ancres auxquelles elles ſont deſtinées. L'on procédera à la ſoudure, comme il eſt d'uſage, & cette ſeconde couche de fer ſe nommera le corps de l'ancre.

Enfin, pour les plus groſſes ancres, on fera une troiſième trouſſe que l'on nommera la couverture, & qui ſera formée des précédentes recouvertes par une quantité ſuffiſante de nouvelles barres dont les deux extérieures recouvriront tous les joints des barres du deſſous. En ſuivant ce nouveau procédé, l'on ſera ſûr que les barres du centre ſeront ſoudées auſſi exactement que celles des contours.

Si l'on m'objecte qu'en ſuivant le nouveau procédé que j'indique, les ancres coûteront plus cher, à cauſe du déchet du fer, d'une plus grande conſom-

mation de combuſtible & de l'augmentation de la main d'œuvre ; j'en conviendrai, pourvu que l'on n'exagère pas, & que l'on réduiſe ces objets de dépenſe en plus, à leur juſte valeur : mais je démontrerai que par le moyen que je propoſe, l'on fabriquera des ancres capables de ſubir toutes épreuves, & qu'elles ne manqueront dans le ſervice, que par des cauſes majeures imprévues. D'ailleurs, comme elles ſeront plus ſolides, on pourra les faire d'un moindre volume ; d'où il réſulteroit trois avantages, qui ſeroient, l'un, d'alléger le fardeau des vaiſſeaux; l'autre, d'occaſionner une moindre dépenſe pour l'achat ; & enfin de procurer plus de ſûreté dans le ſervice.

Je paſſe à l'œil du carré de la tige qui reçoit l'organeau.

Ce trou n'eſt preſque jamais au centre de la pièce, parce que l'ouvrier ne peut, à cauſe de la chaleur exceſſive de la pièce, approcher aſſez près pour placer avec aſſurance le poinçon au milieu de la culaſſe, & le contenir de façon qu'il ne déverſe pas ſous les coups de marteau ; premier accident qui rend toujours un côté de cette partie plus foible que l'autre. Mais comme l'ouverture de l'œil de l'organeau eſt fort conſidérable, & que le poinçon qui l'a formé, ne pénétre dans le vif de la pièce que par l'effort d'une violente percuſſion, & à la faveur de l'état de molleſſe de l'étoffe amollie par le feu ; qu'il ne peut s'y inſinuer & la traverſer de part en part, qu'en écartant les parties du centre à la circonférence ; celles du dehors ſont obligées de céder, de ſe diſtendre, d'occuper une plus grande étendue. Alors elles ſe rompent & ſe déſuniſſent ; ce qui occaſionne des gerçures & des travers profonds qui affoibliſſent cette portion de l'ancre, qui doit cependant oppoſer une très-forte réſiſtance aux coups de vent & au tangage du cable auquel l'ancre eſt amarrée.

Il eſt très-facile d'empêcher que les ancres ſoient tarrées de ces deux défauts dans cette partie eſſentielle ; il ſuffit pour leur donner ce point de perfection, de ne pas percer à chaud l'œil de l'organeau, mais à froid, avec un foret ou une fraiſe. On peut ajuſter l'un ou l'autre de ces outils au bout du tourillon d'une roue quelconque, ſoit celle des ſoufflets, ſoit des marteaux ou de toute autre machine, par le moyen d'une mouffle ou d'un manchon ; & quand même on ſeroit obligé de monter un foret exprès pour cette opération, cela n'occaſionnera jamais une dépenſe aſſez conſidérable pour faire négliger d'adopter cet uſage.

L'on obſervera en finiſſant de forer l'œil de l'organeau, de l'évaſer au dehors des deux côtés, ſur la courbure de l'arc que doit décrire la portion de l'organeau qui doit s'y appliquer, afin qu'il le touche dans toute ſon étendue & pas ſeulement ſur les angles extérieurs, ce qui ſeroit ſujet à corrompre l'organeau.

Il ſera facile de former des forets pour percer & calibrer cette ouverture, en perçant & contre-perçant avec des forets coniques.

J'ai dit plus haut, que les pattes des ancres ne ſont jamais ſoudées dans toute l'étendue du bras, ſur laquelle elles ſont appliquées ; elles le ſont au plus vers le bec, & de huit à dix pouces dans l'autre partie du côté des oreilles ; enſorte qu'il reſte ſouvent dix-huit à vingt pouces & plus de la longeur du bras, ſur leſquels ces pattes ſont ſeulement appuyées & non ſoudées ; ce qui fait que lorſqu'une ancre heurte avec violence contre des rochers, il arrive qu'une partie de la patte qui préſente le plus d'oppoſition, ſe détache du bras, & met une ancre hors de ſervice, ſurtout pour les fonds vaſeux & ſabloneux.

Il eſt donc très-eſſentiel de prendre des précautions pour compléter la ſoudure des pattes des ancres ſur

toute leur étendue ; ou du moins de l'affermir aſſez ſolidement pour que l'on puiſſe ne pas craindre que les pattes ne ſe détachent d'après les bras.

L'on pourroit y employer deux moyens.

Le premier que je préférerois, ſeroit lorſquè la première ſoudure ſeroit faite, tant au bec que du côté des oreilles, de braſer en cuivre le ſurplus qui ne ſeroit pas ſoudé.

Le ſecond moyen a été propoſé par MM. Duhamel & de Réaumur, qui ont indiqué de faire des trous de foret, tant dans les pattes que dans les bras de l'ancre, & d'y river des boulons à froid. Je penſe au contraire, qu'il faut que ces boulons ſoient placés chauds, que leur tête ſoit noyée & ſoudée dans le bras de l'ancre, ainſi que l'autre bout dans la patte, afin d'éviter toute ouverture qui donneroit une iſſue à l'eau de la mer, laquelle attaque & détruit en peu de tems les ferremens qui y ſont expoſés ; & ſon effet eſt d'autant plus rapide qu'elle contient plus de ſel marin à baſe terreuſe, ſuivant les différens parages ; c'eſt pourquoi il faut éviter avec le plus grand ſoin, de donner iſſue à l'eau de la mer, dans l'intérieur des pièces de fer qui doivent y être expoſées : ce que l'on évitera en ſoudant à chaud des boulons dans les pattes des ancres & en les braſant.

EXTRAIT

Des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 24 janvier 1781.

Nous avons été chargés par l'Académie, M. Duhamel, M. le Roi & moi, d'examiner des moyens de perfectionner le travail des ancres de marine, propoſés par M. Grignon.

Les ancres des vaiſſeaux ſont de groſſes pièces de fer qui doivent être propres à réſiſter aux plus grands efforts. On ne peut les faire de fer fondu, qui, en général, eſt aigre & caſſant.

On a cru mieux réuſſir en y employant des loupes ou des miſes de fer forgé qu'on ſoudoit les unes ſur les autres; mais comme une ſoudure ne peut être bonne, que les deux morceaux ne ſoient également chauffés au blanc, ou prêts d'entrer en fuſion; il ſeroit néceſſaire de chauffer autant le corps de l'ancre que la miſe, ce qui ſeroit très-difficile & peut-être même impoſſible.

On s'eſt donc apperçu que ces ſoudures étoient imparfaites, & on a préféré de faire les ancres avec des barreaux de fer forgé dont on forme des faiſceaux qu'on lie avec des frettes de fer, & après leur avoir donné une bonne chaude, on les paſſe ſous de gros marteaux pour les ſouder les uns avec les autres. Cette pratique eſt préférable à celle des miſes; cependant M. Grignon a remarqué que les barreaux qui ſont au centre du corps de l'ancre, ne ſe ſoudoient point les uns avec les autres; & M. Duhamel a fait des expériences qui confirment cette remarque judicieuſe.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Grignon propoſe de faire d'abord un faiſceau de barreaux de fer forgé qui ſoit environ du tiers de la groſſeur du corps de l'ancre, de ſouder enſemble ces barreaux, ce qui paroît praticable, parce que le faiſceau ne ſera pas extrêmement gros. Il veut enſuite qu'on recouvre ce gros barreau par d'autres barreaux de fer forgé qu'on retiendra avec des frettes, à peu près comme on le pratique pour les ancres qui ſont entièrement formées de barreaux de fer. On finira par ſou-

der cette enveloppe de petits barreaux, au gros qui eſt au centre, ce qui paroît difficile à exécuter.

En effet, ne pourroit-on pas objecter contre cette nouvelle méthode les mêmes choſes qui ont fait proſcrire l'uſage des miſes; & dire qu'une bonne ſoudure exigeant que les barreaux ſoient chauffés preſque à fondre & tous également, il eſt à craindre que le gros du milieu qui ſera recouvert par d'autres, n'ait bien de la peine à prendre un degré de chaleur convenable?

Nous devons au moins nous réduire à ne rien décider ſur les avantages de la nouvelle méthode, & attendre qu'il ſoit fait des expériences en grand, qui puiſſent nous convaincre que les barreaux additionnels ſe ſoudent parfaitement avec celui du centre.

M. Grignon paſſe enſuite à la manière de former l'œil du quarré de la tige qui doit recevoir l'organeau. Ce qu'il dit des inconvénients qu'il peut y avoir à percer ce trou avec un poinçon, nous paroît aſſez exact; néanmoins il ſeroit bon de s'aſſurer, ſi dans le ſervice il arrive ſouvent que les ancres rompent à cet endroit. L'auteur propoſe de le percer avec le foret ou la fraiſe. Mais il ſemble que cette opération ſeroit bien longue & bien couteuſe; de-plus ſeroit-il bien aiſé de donner à ce trou, par le ſeul foret, une courbure analogue à celle de l'organeau? & s'il falloit avoir recours à la lime, ne ſeroit-ce pas encore une augmentation de dépenſe?

A l'égard de l'union des pattes des ancres au bras, nous croyons qu'il ſeroit poſſible de faire la ſoudure plus exactement; & il n'eſt pas douteux que ſi l'on a recours à des bouts rivés, il ne faille, comme le dit M. Grignon, les appliquer à chaud: mais nous ne pouvons pas adopter la brâſure en cuivre, qui nous paroît ſujette à bien des inconvénients.

Nous terminerons ce rapport par exhorter M. Grignon à faire les expériences que nous avons indiquées. En attendant, l'Académie ne peut que louer ſon zèle, ſans porter cependant aucun jugement définitif ſur le Mémoire dont nous venons de rendre compte.

Au Louvre, ce 24 janvier 1781.

Signé, DUHAMEL, LE ROI & COUSIN.

Je certifie le préſent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie, ce 24 janvier 1781.

Signé, LE MARQUIS DE CONDORCET.

OBSERVATION.

Nous reſpectons infiniment les obſervations de MM. les Commiſſaires de l'Académie ; mais nous aſſurons le ſuccès des opérations que nous conſeillons : elles ſont fondées ſur une longue pratique dans ce genre ; & en adoptant le conſeil ſage de l'Académie, nous nous ſoumettons à faire des expériences démonſtratives, lorſque le Miniſtère nous l'ordonnera & qu'il nous en fournira les moyens. Ces opérations ne peuvent ſe faire que dans les forges du Roi, dont les ateliers ſont montés pour ce genre de travail.

MÉMOIRE

Qui préſente pluſieurs Moyens de perfectionner les opérations de la Métallurgie.

Lu à l'Académie des Sciences, en avril 1780.

Par M. Grignon, Chevalier de l'Ordre du Roi.

En obſervant attentivement les opérations, les procédés & les fourneaux des travaux de nos mines métalliques, on apperçoit des traces encore ſubſiſtantes de la groſſiéreté des premiers rudiments de la métallurgie, particulièrement dans les fourneaux de fonderie que l'on nomme fourneaux à *manche* ou courbes.

En 1778, des ouvriers ayant ſouſtrait à la vigilance des Inſpecteurs de la mine d'Almont en Dauphiné, une quantité conſidérable de minérai riche, cherchèrent dans les lieux les plus ſauvages & les plus affreux des Alpes, un repaire inacceſſible aux recherches que l'on pourroit faire contre eux. Une caverne profonde creuſée par la nature ſous un rocher eſcarpé, parut à ces nouveaux Cyclopes, le lieu le plus propre à établir leur ruſtique atelier. Ils entamèrent le flanc du rocher ſouterrain, & y pratiquèrent, à force de trous de fleuret, une ouverture quarrée & perpendiculaire de quelques pieds de hauteur & de deux

pieds de profondeur : ils en murèrent la partie antérieure pour former la poitrine du fourneau, & placèrent à ſa baſe un ſoufflet à bras ; ils ſe procurèrent du charbon, & parvinrent par le travail le plus brut, à réduire le minerai; ils en tirèrent des culots d'argent.

Les fourneaux à manche des fonderies de toutes nos mines, ne diffèrent de celui que conſtruiſirent à la hâte ces brigands, que de très-peu de choſe ; ſi ce n'eſt qu'ils ſont maçonnés régulièrement, & qu'étant iſolés, on place les ſoufflets ſur le derrière : mais encore aujourd'hui, les fourneaux à l'Italienne qui ſont d'uſage dans les mines de fer de Savoye, du Piedmont & du Dauphiné, ne ſont que des excavations plus profondes, il eſt vrai, pratiquées dans le vif du rocher ; l'on en mure la partie antérieure que l'on retient avec des barres de fer, & le vent eſt introduit par la baſe de la poitrine, au deſſous de l'endroit que l'on nomme la *preſſure*. Ces fourneaux conſervent donc, de nos jours, cette ruſticité des premiers âges de la métallurgie, & qui eſt empreinte ſur ceux à manche de nos fonderies d'argent, de plomb & de cuivre.

La conſtruction de ces fourneaux eſt uniforme, quoiqu'ils ſoient deſtinés à fondre des mines de divers caractères & d'un degré différent de fuſibilité. Ils ont tous à peu près 4 pieds & demi, ou 5 pieds de hauteur de feu ; leur forme eſt un quarré irregulier dont la baſe a 2 $\frac{1}{2}$ pieds de largeur ſur le devant, & 2 pieds ſur les côtés. Le fond forme un plan incliné ſur un angle de 35 degrés, afin que les matières, à meſure qu'elles ſe fondent, s'écoulent dans le caſſin de reception qui eſt pratiqué dans un maſſif entouré de maçonnerie au devant du fourneau, ce qui forme un avant-foyer; le fourneau eſt terminé en haut par une trémie en maçonnerie de 3 pieds de hauteur, ſur 7 à 8 pieds de largeur. Les bords ſupérieurs de cette

tremie, s'uniſſent à la baſe conique de la cheminée qui la ſurmonte, & ſa partie antérieure au deſſus de la poitrine du fourneau, eſt ouverte, afin de laiſſer un eſpace néceſſaire pour charger le fourneau. La tuyère eſt placée au pied de la ruſtine, à un pouce au deſſus de la naiſſance du talut du fourneau, & à 18 pouces au deſſus de la partie la plus baſſe, c'eſt-à-dire de l'ouverture qui communique au caſſin; cette ouverture que pluſieurs nomment le *forin*, l'*œil*, la *trace*, a ſix pouces de hauteur ſur 15 pouces de largeur.

Lorſque le fourneau a beſoin d'être chargé ou alimenté, le ſous-fondeur prend ſucceſſivement ſept à huit conges de matières combinées de minerai ou de mattes, de laitiers riches & de fondans, les enlève ſur ſa tête, monte ſur l'avant-foyer, enjambe le caſſin de réception, & lance par un mouvement très-pénible les matières dans le gueulard du fourneau : enſuite le fondeur prend pluſieurs paniers de charbon, monte de même ſur l'avant-foyer, & le lance dans le fourneau avec la même peine; comme ce charbon ſe met en comble, & que la partie antérieure eſt ouverte, il preſſe le panier ou la raſſe contre le fourneau pour recevoir les charbons qui retombent, & les rejette avec un nouvel effort ſur les autres.

J'obſerverai ici ſommairement que la quantité de charbon pour chaque charge, n'eſt pas fixée, que le fondeur en met plus ou moins, ſuivant qu'il le juge néceſſaire. Il tire ſes indications de la couleur de la flamme, de la conſiſtance de la coulée, des laitiers, des mattes & de l'œuvre; ces matières ſe rendent dans le caſſin, leur fluidité eſt entretenue par une couche légère de charbon qui ſort du fourneau: lorſque le fondeur y introduit de temps en temps un ringard courbe par la percée, pour faire deſcendre les matières, & pour moucher la tuyère qui a preſ-

que toujours le nez trop long, parce qu'il n'y a point de bain dans le fond du fourneau, ſeul moyen d'entretenir une vive chaleur dans cette partie, & de rendre le départ plus prompt & plus complet.

D'après cet expoſé, je trouve trois défauts eſſentiels dans ces fourneaux à manche, & dont ſont convenus les fondeurs & les directeurs des fonderies, lorſque je les ai réduits, par des principes de pyrotechnie & de métallurgie, à peſer les avantages qui réſulteroient d'une conſtruction de fourneau ſur d'autres dimenſions.

Le premier de ces défauts & le plus eſſentiel, eſt que les fourneaux ont au plus le tiers & moitié de hauteur qu'ils devroient avoir : le ſecond, que la façon de les charger en avant, eſt très-vicieuſe & très-incommode pour les ouvriers : le troiſième, que le caſſin de réception pratiqué au dehors du fourneau, eſt contraire à la perfection de l'opération, & à l'avantage du produit.

En général, la hauteur des fourneaux de fonderie doit être proportionnée au caractère & à l'abondance des matières que l'on veut réduire avec économie. Plus les minerais ſont rebelles & réfractaires, plus les mattes ſont ſulfureuſes & impures; plus les charbons dont on ſe ſert ont de nerf & de force, plus on peut & on doit élever les fourneaux, parce que les matières, dans leurs deſcentes progreſſives, reçoivent dans la partie ſupérieure du fourneau une chaleur graduée qui les ouvre, les dépouille des ſubſtances hétérogènes, & les diſpoſe à recevoir une fuſion complète qui ne s'opère que dans le centre d'activité de la tuyère. Si les minerais ou les mattes parviennent trop promptement dans les fourneaux bas, à la tuyère, tout ſe fond, ſe combine & forme des mattes impures que l'on eſt obligé de refondre, même de griller pluſieurs fois. Les parties métalliques qui ſont encore

engagées dans les entraves des principes minéraliſateurs & dans leur guangue, ne ſont point métalliſées; le départ eſt inexact, elles ſubiſſent au moyen des fondans une demi-fuſion, & ſont entraînées dans les laitiers vitreux qui ſont des maſſes gluantes, opaques & cellulaires, parce que leur vitrification eſt très-incomplète, par le défaut d'une chaleur aſſez intenſe & aſſez continuée : auſſi l'on eſt obligé de repaſſer au fourneau ces laitiers, pour en retirer le métal qui eſt en arrière, & qu'ils contiennent.

Je ſuis donc perſuadé qu'en général, les fourneaux à manche qui n'ont que 4 à 5 pieds de hauteur, devroient être beaucoup exhauſſés, & ce, en proportion relative au caractère & à la nature des mines, c'eſt-à-dire, que ceux deſtinés aux mines de cuivre, particulièrement pour celles qui ſont pyriteuſes, auroient 15 pieds de hauteur; ceux pour les mines d'argent, particulièrement les mines griſes & les pyriteuſes, 12 pieds; & pour les mines de plomb, & de plomb tenant argent, 10 pieds. Alors les minerais recevroient avant de parvenir à la tuyère, une chaleur qui opéreroit un grillage, ſans conſommation de combuſtible. Ils s'ouvriroient, lâcheroient plus facilement leurs parties métalliques; le départ ſeroit plus exact, & les laitiers entraîneroient moins de fin.

Examinons actuellement les inconvéniens qui procédent du caſſin de réception qui eſt pratiqué hors du fourneau, dans le maſſif de l'avant-foyer. Ce caſſin de réception eſt placé en dehors, au deſſous de la baſe du plan incliné du fourneau, afin que les matières puiſſent s'y rendre auſſitôt qu'elles ſont fondues. Lorſque ce caſſin eſt ſuffiſamment rempli de matières en fuſion, l'on enlève les laitiers à meſure qu'ils ſe figent à la ſuperficie; enſuite on perce le caſſin dans ſa partie inférieure, par un canal pratiqué dans le

maſſif de l'avant-foyer. Alors l'œuvre & les mattes coulent dans un autre caſſin inférieur qui eſt pratiqué dans le ſol, & que l'on nomme *caſſin* ou *baſſin de percée*, d'où on les enlève par des procédés différens, ſuivant leur nature. On laiſſe figer les laitiers riches, pour les enlever les premiers, & les mettre à part, afin de les repaſſer au fourneau. L'on procède enſuite ſucceſſivement à l'enlevement des gâteaux de mattes, à meſure de leur encroûtement ſuperficiel ; puis on retire le métal, ſoit en gâteaux, ſi c'eſt du cuivre, ſoit à la cuiller pour le mouler en ſaumons dans des lingotières, ſi c'eſt du plomb, ou du plomb riche d'argent & d'or.

Ce caſſin de réception, recevant les matières à meſure qu'elles ſe fondent ſous la direction du vent, me paroît des plus mal-entendus, pour deux raiſons principales. La première, c'eſt que les matières ne peuvent s'y épurer, puiſque la chaleur du fourneau n'y a plus d'action ; elles y prennent ſeulement leur rang en raiſon de leur poids ſpécifique. Le métal occupe la baſe, les ſcories la ſurface, & les mattes l'eſpace intermédiaire. Si au contraire, la baſe du fourneau n'étoit pas formée ſur un plan incliné & rempli juſqu'au deſſous de la tuyère, que cette partie formât un caſſin pour recevoir toutes les matières en fuſion, elles y reſteroient en bain, & la chaleur continue qu'elles recevroient, dépouilleroit les laitiers qui en ſortiroient purement vitreux & non métalliques, tels qu'ils ſont : l'œuvre ſeroit plus pure, l'on auroit moins de mattes, & celles que l'on retireroit, ſeroient ou totalement pauvres ou moins riches, ſuivant le caractère plus ou moins réfractaire des mines : ce bain donneroit de la chaleur à la baſe du fourneau, moyen de plus d'opérer des fontes plus complètes.

Alors l'œil ou la trace par où coulent les matières en fuſion, ſeroit bouché pendant le temps néceſſaire

pour faire une coulée. On le déboucheroit ſeulement au moment auquel les matières ſeroient trop abondantes, & commenceroient à gêner la tuyère qu'il ſeroit avantageux d'élever, de pluſieurs pouces. On pourroit pratiquer immédiatement au deſſous de la hauteur de la tuyère, au côté qui lui eſt oppoſé, c'eſt-à-dire ſur le devant, une ouverture pour ſervir de paſſage aux laitiers pauvres & ſurabondans, afin qu'ils ne gênaſſent pas le travail; & lorſqu'il n'y auroit plus que de l'œuvre ou des mattes, on perceroit le fourneau pour les faire couler dans le caſſin de réception.

L'on ne doit point craindre que le métal reſtant plus long-temps en bain dans le fourneau, éprouve un déchet, puiſqu'il ſeroit continuellement couvert d'une couche de laitier qui le défendroit de la trop vive impreſſion du vent & du feu; la chaleur qu'il continueroit de recevoir, ſeroit ſeulement ſuffiſante pour opérer ſa dépuration.

La méthode de charger les fourneaux en avant & de plein-pied, eſt d'autant plus vicieuſe, qu'elle fait éprouver aux chargeurs & fondeurs une grande gêne, & les expoſe à des dangers; puiſqu'en portant les charges, ils ſont obligés de s'approcher très-près de la poitrine du fourneau, ayant entre leurs jambes le caſſin de réception rempli de matières fondues & embrâſées, & le viſage expoſé à toute l'ardeur du fourneau; enfin, d'y lancer les matières par deſſus leur tête, avec un effort pénible.

Ils ſont donc forcés de précipiter leur opération pour ſe ſouſtraire promptement à la vive chaleur qu'ils éprouvent. Il arrive de-là, qu'ils répandent une partie du minerai & du charbon, & en les lançant avec trop de précipitation dans le fourneau, ils dérangent l'ordre des charges précédentes. Enfin, lorſque malheureuſement ils trébuchent, ils courent riſque de tomber dans le caſſin de réception, & de ſe brû-

ler. Ces inconvéniens graves n'auroient pas lieu, ſi l'on chargeoit les fourneaux par la partie ſupérieure; d'ailleurs le ſervice général du fourneau ſe feroit avec beaucoup plus d'aiſance & de ſûreté; le fondeur verroit par le gueulard, ce qui ſe paſſeroit dans l'intérieur du fourneau: mais pour adopter cette nouvelle méthode, il faut pratiquer un eſcalier ſur le flanc d'un des piliers du fourneau, ou établir des rampans par leſquels on puiſſe parvenir au haut du gueulard, & y conduire les matériaux, à la brouette ou par tout autre moyen.

Si l'on fait de ſérieuſes réflexions ſur l'expoſé ſuccint que je viens de faire des inconvéniens qui réſultent de la conſtruction de nos fourneaux à manche, & des avantages que procureroient les changemens que j'indique, on ſera perſuadé comme moi, de la néceſſité d'en changer, particulièrement la forme, en les exhauſſant plus du double & du triple de ce qu'ils le ſont, relativement au caractère & à la nature des mines, & de laiſſer en bain le métal dans le fond du fourneau, avant de percer pour faire écouler l'œuvre dans le caſſin de reception de l'avant-foyer.

J'ai vu avec ſatisfaction, que les entrepreneurs des mines de Poullaouen en Bretagne, avoient réſolu de reconſtruire deux de leurs fourneaux ſur les proportions que je leur ai indiquées, même qu'on les conſtruit actuellement, parce qu'ils ont ſenti la juſteſſe des principes ſur leſquels je fonde cette théorie, & les avantages qui en doivent réſulter dans la pratique.

Cependant, comme les hommes ſe perſuadent difficilement de l'utilité d'un nouvel uſage, & qu'ils ont toujours des doutes, juſqu'à ce que des eſſais & des exemples les aient convaincus, nous aſſûrons nos métallurgiſtes françois, que la forme que je leur conſeille de donner à leurs fourneaux à manche, en les changeant en hauts fourneaux & à caſſin intérieur,

n'eſt une nouveauté que pour eux ; puiſque depuis très-long-temps ils ſont uſités à Ramelsberg, à Strasberg, à Rotembourg & dans le Comté de Mansfeld, pour les mines de cuivre & de plomb ; & quand je ne ſerois pas appuyé de cette autorité, je n'en ſerois pas moins perſuadé de la néceſſité d'adopter cette méthode, puiſqu'elle eſt fondée ſur des principes inconteſtables. Il eſt temps de tirer la métallurgie françoiſe de ſa langueur & de ſon enfance, j'oſe dire de la barbarie.

Jetons un coup d'œil ſur les fourneaux de rôtiſſage pour les mines de plomb tenant argent, & ſur ceux de coupelle. Nous réſerverons les autres parties pour d'autres mémoires.

Les fourneaux dans leſquels on rôtit le minerai, ſont des réverbères du ſecond genre, c'eſt-à-dire, que la chauffe eſt à l'un des bouts, & la cheminée d'aſpiration au bout oppoſé. La voûte eſt ſurbaiſſée & preſque horiſontale, & le flanc antérieur eſt percé de trois ouvreaux, pour y introduire le minérai, & pour le travailler avec les ringards & les ſpadelles. Dans pluſieurs, la voûte eſt percée au centre, d'un trou carré ſurmonté d'une petite trémie pour introduire le minérai plus promptement que par les ouvreaux : cette dernière méthode eſt plus expéditive, mais elle eſt ſujette à des inconvéniens qui me déterminent à la déſapprouver. Un quatrième ouvreau eſt placé du côté & à la baſe de la cheminée, pour examiner ce qui ſe paſſe dans le fourneau, modérer la chaleur & y travailler au beſoin.

L'on double quelquefois ces fourneaux, c'eſt-à-dire, que l'on en joint deux bout à bout ; alors il y a deux chauffes & une ſeule cheminée d'aſpiration, laquelle s'éleve perpendiculairement au centre de la réunion des deux voûtes : l'on en voit de cette eſpèce à Poullaouen ; il règne dans ces doubles fourneaux

plus de chaleur, au troiſième ouvreau de chaque partie, que dans les fourneaux ſimples.

Quoique ces ſortes de fourneaux ſoient ſpécialement deſtinés au rôtiſſage des mines, on s'en ſert auſſi pour la revivification des litarges, même pour la fuſion de la galène.

Le minerai que l'on ſoumet au rôtiſſage, eſt ſous trois formes différentes, ſavoir; le gros qui ſort de la caſſerie, le moyen que l'on tire des auges de la laverie, & le fin ou le ſchlich qui provient des tables à laver.

Le minerai ſe combine de trois parties de gros, trois de moyen & une de ſchlich; l'on y mêle pendant l'opération, de la chaux éteinte, de la poudre de charbon de bois, & du charbon de terre quand on peut s'en procurer. L'on eſt même obligé de jeter du bois vis-à-vis les deuxième & troiſième ouvreaux, pour animer le feu & fournir une flamme qui léche le minéral, & en développe le ſoufre, parce que la flamme qui ſort de la chauffe, perd de ſon activité à meſure qu'elle s'éloigne du pont, pour gagner la baſe de la cheminée d'aſpiration.

Le ſol de l'âtre du fourneau eſt incliné; ſa pente eſt dirigée vers le milieu de la partie antérieure qui eſt la plus déclive, afin de recevoir l'œuvre qui ſe fond, & que l'on retire de temps en temps, pour la mouler en ſaumons. La partie du minérai qui ne ſe fond pas, eſt paſſée au fourneau à manche.

Depuis la lecture de ce Mémore, j'ai eu lieu d'examiner d'anciens travaux des mines de plomb dans le Limouſin. L'on n'y faiſoit point uſage de fourneaux à manche, mais ſeulement de ceux à lunette. Cette manière de procéder eſt très-vicieuſe, tant pour la qualité de l'œuvre, que pour la quantité du produit; d'ailleurs, ſi le plomb tient du fin, il reſte en arrière en plus grande partie dans les ſcories ou *ſpeiſſ*.

Il arrive de l'inégalité de la chaleur qui règne dans les différentes parties de ce fourneau, que les matières qui ſont les plus proches du pont de la chauffe, vis-à-vis le premier ouvreau, entrent en fuſion, lorſque celles du milieu ſont à peine rouges, & que celles du bout oppoſé, vis-à-vis le troiſième ouvreau, ſont encore noires; enſorte qu'elles recoivent un grillage très inégal : & malgré que les ouvriers travaillent continuellement d'un ouvreau à un autre, avec leurs ſpadelles, pour diviſer, ſoulever & retourner le minérai, afin de lui faire préſenter au feu plus de ſurface, il y a une grande partie du minérai qui entre en fuſion avant d'être ſuffiſammeut grillé, ſur-tout dans la partie qui eſt la plus près de la chauffe. L'on eſt donc obligé de jeter du bois dans le fond, vis-à-vis du deuxième ouvreau, & encore plus vis-à-vis du troiſième, pour y animer le feu, & déterminer la fuſion du minérai; & l'on peut dire que le feu qu'il reçoit dans ce fournean, eſt plutôt un feu de fuſion que de rôtiſſage, enſorte que l'on ne remplit pas ſon but.

D'ailleurs les trois ſortes de minerai que l'on combine enſemble pour ſubir le même degré de feu & de préparation, ne ſont point dans le même état. Le gros eſt le plus métallique, mais il contient plus de ſoufre & d'arſenic; le ſchlich eſt le plus chargé de blende & de ſin, il eſt le moins ſulfureux; le moyen tient le milieu entre ces deux qualités.

Ces trois ſituations différentes du minerai, ſembleroient exiger un traitement diſtinct; ou au moins ſi on les combine dans un même fourneau, il faudroit commencer par leur donner un feu modéré & continu, qui fît ſeulement rougir le minérai pour conſommer la partie ſulſureuſe, & pendant ce temps, le remuer ſans ceſſe avec les ſpadelles, & continuer le feu de façon que le minérai reſtât toujours dans un

état

état pulvérulent, ſans s'agglutiner, juſqu'à ce que l'on n'apperçoive plus de flamme ni de vapeurs ſulfureuſes : alors on augmenteroit le feu, mais ſon action ſe borneroit à donner au minerai une conſiſtance pâteuſe ; & lorſqu'il ſeroit dans cet état, on y mettroit la chaux éteinte pour le diviſer d'autant plus & pour abſorber le reſte des parties ſulfureuſes.

Ce degré de feu, & cette conſiſtance pâteuſe, ſeroient continués juſqu'à ce que l'on n'apperçût plus de vapeurs blanches arſénicales : alors on mettroit la poudre de charbon de bois à pluſieurs repriſes, & l'on donneroit graduellement au feu toute l'activité néceſſaire pour faire entrer le métal en fuſion.

On pourroit faire ces trois opérations dans trois fourneaux différens. L'aire du ſol de celui qui ne ſerviroit qu'au rôtiſſage, ſeroit plane & de niveau, afin que la couche du minerai fût par-tout égale, & que le travail des ſpadelles fût plus facile. L'aire du ſecond ſeroit très-légèrement inclinée, pour que, s'il ſe fondoit quelques parties métalliques, elles ſe rendîſſent dans un renfoncement peu profond, pour de-là les faire couler au dehors. Enfin, le troiſième fourneau ſeroit conſtruit comme celui dont on fait uſage actuellement avec un caſſin de réception intérieur, pour y réunir l'œuvre.

Je ſuis perſuadé qu'en pratiquant l'un de ces deux derniers procédés, il y auroit de l'économie, tant au fourneau de rôtiſſage, qu'à celui d'affinage ; qu'il y auroit moins de craſſes, & moins de métal en arrière ; parce que le minérai ſeroit plus épuré des parties ſulphureuſes, blendeuſes & arſénicales ; je préférerois de faire ces opérations dans trois fourneanx diſtincts, plutôt que dans un ſeul.

Je paſſe aux fourneaux de coupelle à l'Allemande, dont on fait preſque généralement uſage dans nos mines.

L'on ſait que les coupelles à l'Allemande, ſont de grands caſſins compoſés de cendres contenues dans une tourelle en maçonnerie, recouverte d'un dôme mobile, ou chapeau, lequel eſt compoſé d'une forte armure de fer, garnie de terre argilleuſe réfractaire. Ce dôme eſt ſuſpendu à une groſſe chaîne de fer qui paſſe ſur une poulie, & s'envide ſur un treuil horizontal à cric, qui eſt fixé à l'arbre d'une potence qui tourne ſur un pivot: au moyen de ce mécaniſme, on enlève & on détourne le dôme de deſſus la coupelle, & on l'y repoſe au beſoin.

La coupellation de 10 à 12 milliers de plomb tenant argent, dure 28 à 30 heures; à chaque opération, il faut briſer & enſuite renouveller la coupelle qui conſomme une très-grande quantité de cendres choiſies, recuites & lavées. Toutes les cendres ne ſont pas propres à cet uſage, celles de ſarment ſont les meilleures, auſſi recueille-t-on celles des pays de vignobles. Les mines de Bretagne en tirent de la Rochelle & de Bordeaux, parce que le menu peuple des environs de ces villes, ne ſe chauffe qu'avec du ſarment: l'on mêle bien avec ces cendres une partie d'autres de bois ordinaires, mais s'il y en a trop, les coupelles ou ſoufflent, ou s'abreuvent plus.

En Allemagne, on préfére les cendres de hêtre à toutes autres, enſuite celles des autres bois durs, & quand on n'en a que de bois légers, on y mêle de l'argile pour les empêcher de ſouffler.

Au ſurplus, la litarge s'imbibe de deux à trois pouces d'épaiſſeur dans la première couche de la coupelle, & cette croûte qui eſt très-conſidérable, relativement à la grande ſurface des coupelles, contient ordinairement 92 à 96 grains de fin par quintal, tandis que la litarge qui ſe forme à la ſurface du bain, n'en contient que 36 à 40 grains. Ce fin en arrière oblige de paſſer au fourneau à manche les débris des coupelles qui ſont imbibées de litarge.

Les coupelles compoſées de cendres ſont donc un objet de dépenſes coſidérable, tant pour ſe procurer des cendres de bonne qualité & les préparer, que pour les renouveller à chaque opération, rechauffer chaque fois le fourneau ; enfin pour repaſſer au fourneau les débris des coupelles imbibées de litarge tenant du fin.

Dans les eſſais docimaſtiques, il eſt néceſſaire que les coupelles boivent & abſorbent tout le plomb de rafraîchiſſement, parce que dans ces eſſais, l'on ne peut faire couler la litarge de deſſus le bain à fur & meſure qu'elle ſe forme, afin que le bouton d'eſſai reſte net, après avoir fait ſon éclair.

Il n'en eſt pas de même des coupelles pour les grandes opérations d'affinage. La litargiſation ſe fait très-bien à la ſurface du bain, au moyen de l'air atmoſphérique introduit par un ſoufflet, dont le vent eſt dirigé ſur la ſurface du bain par des papillons ſuſpendus au bout des bûſes. L'on procure à la litarge fluide un écoulement par une échancrure que l'on nomme la *voie de litarge.* Cette voie ſe forme avec le taillant du *crochet*, dans le maſſif du bord de la coupelle ; & le fondeur l'élargit & l'approfondit avec le même outil, à meſure que la ſurface du bain d'œuvre ſe ſurbaiſſe.

Puiſque la litargiſation peut ſe faire complètement à la ſurface, il eſt inutile, même déſavantageux qu'elle ſe faſſe en partie par imbibition, parce que cette pénétration emporte une portion de fin qui eſt d'autant plus conſidérable que le plomb de rafraîchiſſement eſt plus riche ; ce qui oblige de retirer ce fin par la fuſion au fourneau à manche, & il eſt connu de tous les métallurgiſtes, que plus on ſoumet de fois au feu un métal, plus on éprouve de déchet ; ce qui fait une ſouſtraction de produit, conſéquemment une perte notable ; d'ailleurs la réparation de la coupelle

cauſe des retards ſouvent préjudiciables, qui obligent d'avoir pluſieurs fourneaux de coupelle dans chaque fonderie.

Je propoſe aujourd'hui pluſieurs moyens de faire des coupelles qui ne boivent pas, qui ſoient durables, & qui par cette propriété puiſſent faciliter pluſieurs affinages ſucceſſifs ſans interruption ; ce qui ſeroit d'autant plus avantageux, que n'étant point obligé de rechauffer le fourneau à chaque affinage, il en réſultera une économie de combuſtible. Ce dernier point n'eſt pas à négliger, puiſque l'aliment des feux de fonderie fait l'objet d'une dépenſe capitale, à cauſe de la rareté du bois.

L'on a fait dans le Hartz, avec du ſpath calciné, des coupelles qui ont eu du ſuccès ; mais je ne propoſerai pas cette matière pour remplacer les cendres, parce qu'il eſt difficile, d'une part, de s'en procurer, de l'autre, que la préparation en eſt pénible & diſpendieuſe, & que d'ailleurs les coupelles qui en ſont compoſées, s'imbibent de litarge : mais je préſente trois autres moyens faciles à pratiquer.

Le premier eſt de choiſir de l'argile blanche réfractaire, la faire bien ſécher, enſuite la pulvériſer & la paſſer au tamis, y mêler un dixième en volume de charbon en poudre, de bien braſſer le mélange, de l'humecter juſqu'au point qu'il puiſſe prendre conſiſtance, en le ſerrant fortement dans la main, puis en compoſer la coupelle, lit par lit, en battant cette compoſition avec des maillets ou des dames ; & lorſque la dernière couche ſeroit finie, on raffermiroit le tout en planant la ſurface avec des maſſes de fer à large panne & chauffées légérement ; on réſerveroit un eſpace libre du côté de la voie : cet eſpace formeroit un cône légérement tronqué, dont le ſommet aboutiroit preſque au centre de la coupelle ; ſa baſe auroit quinze pouces, & s'étendroit juſqu'au dehors

de l'ouverture de la voie ; l'épaiſſeur du maſſif de cendres qui rempliroit cet eſpace, n'excéderoit pas la profondeur du vuide intérieur de la coupelle, & auroit à peu près un pied d'épaiſſeur à ſa baſe & trois pouces au ſommet. Ce ſeroit dans cette maſſe de cendres que l'on pratiqueroit la voie pour la litarge. La conſiſtance friable de la cendre, faciliteroit ſon élargiſſement & ſon approfondiſſement, à meſure que l'affinage avanceroit.

Le ſecond moyen eſt de former la coupelle avec des briques réfractaires poſées de champ, bien liées entre elles, avec un mortier compoſé de même argile que les briques qui ſeroient ſeulement ſéchées au grand air. On obſerveroit de laiſſer un eſpace pour la voie, comme dans les coupelles compoſées d'argile battue.

Le troiſième moyen eſt de former la coupelle avec un ſchiſte très-réfractaire au feu, tel que celui que l'on trouve fréquemment dans la haute Bretagne, ſur-tout entre Rennes & Pontivi, particulièrement aux environs de Painpont & du côté de Ploermel. Ce ſchiſte eſt rouge ; il eſt diviſé en bancs de cinq à ſix pouces d'épaiſſeur, paralleles entre eux, tantôt inclinés, tantôt horiſontaux; il ſe taille très-facilement, & réſiſte au feu, ſans éclater ni ſe fondre, pendant un temps très-conſidérable.

Il y a des fourneaux de forges qui en ſont conſtruits depuis 10 ans, ſans avoir éprouvé de dégradations notables. L'on taillera ce ſchiſte ſous la forme de groſſes briques, on le poſera en *délit*, avec un mortier d'argille ; on réſervera de même un eſpace pour y former avec des cendres, la voie de litarge.

Ces trois nouveaux moyens que je propoſe pour compoſer les coupelles, peuvent être pratiqués dans toutes nos Provinces métalliques, parce qu'on y trouve les matières que j'indique.

Cette façon de litargiſer ſans imbibition, eſt très-pratiquable ; l'on en a fait d'après mes conſeils, un eſſai avec pluſieurs quintaux de plomb riche d'argent, dans une coupelle compoſée d'argille, à la fonderie de Pontpéan, & elle a réuſſi : & pourquoi cela ne réuſſiroit-il pas en grand ? L'on tirera de ces nouvelles coupelles, une infinité d'avantages.

Le premier eſt que l'on pourra faire ſucceſſivement & ſans interruption pluſieurs affinages, & les multiplier autant que l'on aura de matières; ce qui diſpenſera d'avoir pluſieurs fourneaux de coupelle : un ou deux au plus ſuffiront pour les travaux les plus en activité, puiſqu'avec un ſeul on pourroit paſſer par ſemaine au moins ſoixante milliers de plomb, en cinq ou ſix affinages ; au lieu que l'on n'en peut faire au plus que deux par ſemaine, avec les coupelles de cendres.

Je dois obſerver qu'en ſe ſervant de coupelles d'argille battue, ou compoſées de briques ou de ſchiſte, il faudroit verſer moins d'eau ſur le culot, au moment où le fin tire ſon rideau qui indique la fin de l'opération. Il ſuffiroit d'en introduire ſeulement pour le figer afin de pouvoir l'enlever avec des pinces, & le porter à la balance pour en reconnoître le poids. Auſſitôt que l'opération ſeroit finie, on pourroit introduire de nouveaux ſaumons de rafraîchiſſement, pour recommencer un nouvel affinage ; ainſi de ſuite, après avoir formé promptement la voye de litarge.

Comme on ne peut mettre à la fois dans le fourneau, la quantité de ſaumons qui doivent compoſer la totalité d'un affinage, on eſt dans l'uſage, dans quelques fonderies, de placer ſucceſſivement les ſaumons qui ſont reſtés en arrière, dans un trou pratiqué dans le rebord de la maconnerie qui ſurmonte la coupelle, & qui ſupporte le chapeau. Ce ſaumon eſt ſoutenu dans l'intérieur du fourneau, par un canal de fer

battu qu'il déborde ; il y reſte expoſé à la flamme, juſqu'à ce qu'il ſoit entiérement fondu. Cette pratique eſt très-mauvaiſe, en ce qu'il n'entre qu'une portion de ce plomb dans le bain, l'autre eſt brûlée par l'action de la flamme & de l'air ; une partie du plomb brûlé ſe diſſipe en fumée, l'autre forme ſur le bord de la coupelle, des craſſes que l'on retrouve après l'opération.

Il ſeroit plus avantageux de faire entrer graduellement dans le bain, ces ſaumons qui ſeroient chauffés auparavant, pour qu'ils ne le retardaſſent pas.

Les fourneaux de coupelle peuvent ſuppléer les fourneaux de liquation & de reſſuage, pour tirer par une ſeule opération le fin que contient le cuivre noir.

Je ne ſache pas que cette méthode ait été pratiquée nulle part, que par le ſieur Gerard, Directeur des fonderies de Poullaouën, ſur les cuivres des mines de Baygorry, que l'on y tranſportoit.

Voici en peu de mots le procédé.

L'on fait fondre une quantité de lames de cuivre dont on a fait l'eſſai : pour connoître la proportion de fin qu'il contient, on y ajoute une ſuffiſante quantité de plomb, pour rafraîchir le cuivre, & ce, dans la proportion de neuf onces de fin pour un quintal de plomb ; & l'on donne le feu néceſſaire pour faire une fuſion exacte. Lorſque le bain eſt complet & tranquille, la liquation eſt faite.

Dans les autres fonderies, il faudroit alors mouler le cuivre rafraîchi, en cylindres ou en gâteaux, pour le faire reſſuer dans un ſecond fourneau ; mais on ſupprime ici cette opération, le reſſuage ſe fait de lui-même ſans déplacer le métal; il ſuffit de ceſſer le feu, d'enlever le chapeau, & de laiſſer refroidir l'œuvre juſqu'à un certain degré : alors le plomb frais & riche d'argent, étant ſpécifiquement plus peſant que le

cuivre, prend le fond du bain, il eſt alors recouvert par le cuivre deſſéché ; comme le cuivre ſe fige & ſe refroidit plus vîte que le plomb, que d'ailleurs il occupe la ſurface du bain, & que le contact de l'air contribue à le refroidir, il eſt ſolide lorſque le plomb eſt encore en fuſion ; alors on pratique dans le maſſif de cendres qui compoſent la coupelle, un canal qui va aboutir au centre au deſſous du bain. Le plomb chargé d'argent, coule par ce canal, & tombe dans un baſſin de réception, d'où on le tire avec des cuillers pour le mouler en ſaumons : alors le cuivre reſte ſeul dans le fourneau, en forme d'un grand gâteau mince : on l'enlève pour le paſſer au raffinage & le réduire en roſette. Le plomb frais ſe traite de nouveau à la coupelle, pour en tirer le fin.

Cette opération fort ſimple, a parfaitement réuſſi. L'on s'en eſt aſſuré par l'eſſai du cuivre deſſéché qui ne contenoit plus de fin ; par ce moyen, on ſupprime le moulage du cuivre en cylindres ou en gâteaux, & le reſſuage.

J'ai cru que les métallurgiſtes me ſauroient gré de leur indiquer ce nouveau procédé qui eſt fort ingénieux, & que je crois très-avantageux. Je le publie avec d'autant plus de ſatisfaction, que c'eſt un point de perfection dans la métallurgie françoiſe dont je m'occupe.

L'on ne peut trop s'empreſſer de faire connoître les moyens de corriger de mauvais procédés perpétués par la routine, & d'indiquer ceux qui auront été perfectionnés, afin de les faire adopter dans les travaux des mines du Royaume.

EXTRAIT

Des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 12 avril 1780.

L'ACADÉMIE a chargé MM. Macquer, Cornette & moi, de lui rendre compte d'un Mémoire qui lui a été préſenté par M. Grignon, ayant pour titre : Moyens de perfectionner les opérations de la métallurgie.

Dans ce Mémoire, M. Grignon examine le fourneau à manche, le fourneau de réverbère anglois, & le fourneau de coupelle à l'Allemande : en expoſant ſuccinctement les obſervations de M. Grignon, nous eſpérons démontrer à l'Académie, que les rectifications que ce ſavant propoſe, ſont très-utiles pour la métallurgie.

Le foyer du fourneau à manche, eſt un carré long d'environ cinq pieds de hauteur. Sa largeur eſt de deux pieds ſur quatre de haut. Le fond de ce fourneau eſt un plan incliné, ſur lequel les matières fondues coulent pour ſe rendre dans la *caſſe* ou *caſſin* ou *baſſin de percée*, qui eſt hors du fourneau, & ordinairement ſur la même ligne que le *gueulard*. La *tuyère* eſt placée au pied de la *caſtine*, à un pouce du fond du fourneau, & oppoſée à l'*œil* ou *forin*, ou à la *trace* par où le métal s'écoule.

Pour charger le fourneau, le fondeur monte ſur l'avant-foyer, enjambe le caſſin, ayant ſur la tête les *conges* ou meſures de minéral qu'il doit introduire dans le fourneau par le gueulard ; il y porte de même les paniers de charbon.

Il eſt aiſé de reconnoître par cet expoſé, que la charge du fourneau ne peut ſe faire que très-mal, & que le fondeur court des riſques, puiſqu'il eſt expoſé à la chaleur & à la vapeur du métal fondu, & qu'il peut mettre les pieds dedans. Pour remédier à cet inconvénient, M. Grignon propoſe de pratiquer un eſcalier ſur le flanc d'un des piliers du fourneau, pour parvenir au gueulard & manœuvrer facilement.

M. Grignon propoſe auſſi de faire une cavité ou caſſin ſur le fond du fourneau, au lieu du plan incliné. Il y auroit effectivement un avantage ; le métal fondu s'épureroit, &

defendu par le laitier, il ne s'altéreroit point dans cette eſpèce de creuſet, d'où on le retireroit à volonté, en le faiſant couler dans une *caſſe braſquée.*

M. Grignon trouve le fourneau à manche trop peu élevé, il dit qu'à Rammelsberg, à Strasberg, à Rotimbourg & dans le Comté de Mansfeld, on les fait beaucoup plus hauts & avec des caſſins intérieurs. M. Grignon penſe qu'on devroit donner quinze pieds de hauteur au fourneau à manche deſtiné à fondre les mines du cuivre ſulfureuſes, & dix à douze pieds aux fourneaux à manche deſtinés à fondre les mines de plomb tenant argent. Il y a lieu de préſumer qu'on adoptera en France les rectifications propoſées par M. Grignon, c'eſt ce qui paroît déja arrêté à Poullaouen.

Nous croyons auſſi, que l'on devroit arrondir l'intérieur du fourneau à manche, car il y a une portion du métal qui peut s'arrêter & brûler dans les angles du carré long qui eſt la forme de ce fourneau.

M. Grignon ayant reconnu que les minéraux que l'on grille dans le fourneau de réverbère, éprouvoient plus ou moins de chaleur, ſuivant qu'ils étoient plus ou moins près de la chauffe, dit qu'il y auroit de l'avantage à pratiquer un caſſin dans l'intérieur de ce fourneau.

Les rectifications que l'Auteur de ce Mémoire propoſe de faire au fourneau de coupelle à l'Allemande, nous ont paru très-utiles. Ce fourneau de coupelle eſt compoſé de cendres contenues dans une tourelle de maçonnerie, recouverte d'un dôme mobile ou chapeau, lequel eſt compoſé d'une forte armure de fer, garnie de terre argileuſe. Ce dôme eſt ſuſpendu à une groſſe chaîne de fer qui paſſe ſur une poulie, & s'envide ſur un treuil horizontal à cric, qui eſt fixé à l'arbre d'une potence qui tourne ſur un pivot.

Lorſque le caſſin de cette coupelle eſt fait avec des cendres, il faut en faire un nouveau au bout de trente heures, temps qui ſuffit pour y coupeller dix ou douze milliers de plomb, dont une partie eſt abſorbée par ces cendres. Mais, comme dans le travail en grand, on n'a point pour projet l'imbibition de la litarge, M. Grignon a fait conſtruire le caſſin de ce fourneau, avec des briques ſéchées à l'air, & compoſées d'argille blanche & d'un dixième de poudre de charbon, en laiſſant un maſſif de cendres pour la voie de la litarge. On a coupellé à Pontpéan avec ſuccès, en préparant ainſi le ſol du fourneau.

M. Grignon dit qu'on trouve en Bretagne des ſchiſtes réfractaires qui pourroient être ſubſtitués à l'argille.

L'auteur termine ce Mémoire intéreſſant par indiquer qu'on peut faire la liquation ſans l'appareil du fourneau connu ſous le nom de cette opération. Ce procédé, continue-t-il, eſt dû à M. Gerard, Officier des mines de Poullaouen ; il conſiſte à fondre au fourneau de coupelle, le cuivre & le plomb deſtinés à cette opération. Lorſque ces minéraux ſont en bain, on enlève le dôme du fourneau, le cuivre ſe fige à la ſurface du plomb qui s'eſt emparé de l'argent ; on fait paſſer ce plomb dans un caſſin, on le moule en ſaumons & on le coupelle.

Le Mémoire de M. Grignon renfermant des rectifications très-importantes pour la métallurgie, elles nous paroiſſent mériter toute l'attention de l'Académie, & nous croyons qu'on doit imprimer les Mémoires de M. Grignon parmi ceux des ſavans étrangers.

Fait au Louvre, ce 12 avril 1780. *Signé* MACQUER, CORNETTE & SAGE.

Je certifie le préſent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie, ce 12 avril 1780. *Signé* le Marquis DE CONDORCET.

OBSERVATIONS

Sur l'action réciproque que le Feu & l'Eau ont l'un ſur l'autre.

Préſentées à l'Académie de Dijon, en juillet 1778.

Par M. GRIGNON, Chevalier de l'Ordre du Roi.

En réponſe aux queſtions propoſées par M. Deslandes, dans le Journal de Phyſique de janvier précédent.

» Pourquoi l'eau jetée ſur du verre en fuſion, dans » un pot de la glacerie de S. Gobin, n'a point pro- » duit de vapeurs ni d'exploſion?

» N'y a-t-il pas lieu de croire, que c'eſt à meſure » que l'air vient occuper la ſurface du métal & l'inté- » rieur du fourneau, que l'exploſion augmente? »

LE phénomène que M. Deslandes a obſervé en jetant une cuillerée d'eau (environ quatre onces) ſur du verre en fuſion dans le creuſet d'une glacerie, n'eſt point une choſe neuve en phyſique. Il ne faut pas conclure, de ce que cette eau n'a produit ni vapeurs ni exploſion, qu'elle ait perdu ſa propriété volatile & expanſible, puiſque la vapeur de l'eau n'eſt apparente que dans une atmoſphère plus froide qu'elle, & qu'il ne peut y avoir d'exploſion, que quand des corps denſes, même l'air groſſier, font réſiſtance à ſa ſubite expanſion. Or le feu opère le vuide dans le fourneau, & nul corps denſe ne s'oppoſoit à l'expanſion de l'eau jetée ſur le verre en fuſion; donc il ne devoit pas ſe faire d'exploſion. C'eſt ce qui arrive

journellement dans les travaux de métallurgie en grand, lorſqu'on jette de l'eau ſur le cuivre en bain, pour former les gâteaux de roſette ; dans les aciéries, pour convertir en gâteaux les floſſ de fonte de fer par la macération ; dans toutes les forges à fer, pour rafraîchir les loupes ; dans les ferblanteries, pour couvrir l'étain dans le trempoir : enfin pour fixer le bain de l'argent dans ſa coupelle.

Il faut remonter à la théorie des cauſes, pour rendre ſenſibles les accidens variés de l'action que l'eau & le feu ont l'un ſur l'autre.

Lorſque deux corps qui ont une action reciproque l'un ſur l'autre, ſont amenés par les loix de l'attraction au point immédiat du contact, celui qui a le plus de maſſe, abſorbe toute la force de l'autre. Si ces deux corps ſont pénétrables, ils ſe confondent enſemble ; alors le plus foible en maſſe, conſéquemment en action, eſt abſorbé par celui qui en a le plus : c'eſt ce qui arrive dans les expériences ſuivantes.

Si l'on expoſe une groſſe maſſe de métal à une foible chaleur, le métal l'abſorbe ſans changer de forme, & même quelquefois ſans que ſa température paroiſſe modifiée ſenſiblement.

Si la chaleur eſt plus conſidérable, ou égale en force d'attraction, la maſſe du métal rougit, & ſes dimentions ſont augmentées en raiſon de la quantité de la matière du feu qui ſe trouve interpoſée entre ſes parties conſtitutives. Le métal & le feu étant unis en forces égales, paroiſſent chacun avec leurs propriétés; c'eſt-à-dire, que le feu eſt brûlant & lumineux, & que le métal conſerve ſa force & ſon extenſibilité.

Mais ſi le feu eſt plus abondant & plus puiſſant que le métal, alors celui-ci eſt abſorbé par le feu, il devient fluide, brûlant & lumineux. La maſſe réſultante eſt du feu qui contient du métal, & auquel il communique ſes propriétés, tant que ces deux corps reſtent unis.

Il en eſt de même de l'eau ; cet élément diſparoît totalement, lorſqu'il eſt abſorbé par un corps quelconque qui le ſurpaſſe en maſſe, & en force attractive.

Si l'on mêle un peu d'eau avec un ſel criſtalliſable, réduit à ſes parties élémentaires, ce ſel s'unit à l'eau & l'abſorbe ; alors ces deux ſubſtances combinées paroiſſent ſous une forme ſéche & pulvérulente : ſi au contraire l'eau eſt plus abondante que le ſel, celui-ci diſparoît. Il eſt diſſéminé dans toute la maſſe d'eau, ſans quelquefois en augmenter le volume. L'eau acquiert de la ſaveur en conſervant ſa fluidité, & le ſel perd ſa denſité ſans perdre ſa propriété ſapide.

Il en eſt de même, lorſque l'on combine l'eau avec le feu. Si on expoſe à l'air libre, de l'eau dans un vaiſſeau auprès du feu, l'eau abſorbe une portion de chaleur qui ne lui fait point perdre ſon état fluide & humide ; parce que le feu qui la pénétre, eſt en petite quantité, & qu'il s'en échappe à meſure qu'il la traverſe ; mais ſi l'on intercepte la communication de l'air à l'eau qui eſt ſoumiſe à l'action du feu, alors elle s'en ſature au point d'acquérir la propriété de rompre l'aggrégation des fibres du bois & de celles des os, même de fondre des métaux mous. Elle acquiert auſſi la propriété de devenir lumineuſe, ce qui eſt démontré par le cercle de flamme qui ſort par les commiſſures du digeſteur de Papin. Cette flamme n'eſt qu'une vapeur aqueuſe, ſaturée de feu à un certain degré.

Mais lorſque l'eau eſt combinée en petite quantité, avec une maſſe conſidérable de feu, alors elle eſt diſſoute & abſorbée par le feu qui lui communique ſa propriété brûlante & lumineuſe. Comme ces deux corps ſont eſſentiellement fluides, ils conſervent étant réunis, cette propriété, & leur rareſcibilité. L'eau alors eſt véritablement du feu, ou ſous la forme de flamme qui eſt viſible, ou ſous celle de vapeur ſi tenue, qu'elle eſt inſenſible aux yeux ; mais elle ſe démontre par la

propriété qu'elle a de brûler & de communiquer le feu.

La flamme n'eſt donc que le réſultat de la combinaiſon du feu avec l'eau naturelle, ou avec celle qui provient de la décompoſition des corps combuſtibles ou celle de l'atmoſphère ; elle eſt colorée par les parties charbonneuſes infiniment déliées, qui ſe détachent des corps embrâſés & entraînés par la grande raréfaction (1).

Dans les grands fours de réverbère, particulièrement ceux dans leſquels on cuit la porcelaine, lorſque le feu eſt monté à un degré d'intenſité aſſez haut pour en purger la capacité intérieure de toute humidité & d'air groſſier ; alors l'eau élémentaire du bois poſé ſur les landiers, ſe combine avec le principe du feu, les particules charbonneuſes & cendreuſes, & ne forment enſemble qu'une maſſe de feu d'un blanc ſi éclatant, que l'intérieur du fourneau paroît comme un criſtal tranſparent & reſplendiſſant d'une lumière ſi éclatante, qu'elle ne permet pas aux yeux qui ne ſont pas ſuffiſamment exercés, de diſtinguer les gazettes qui contiennent les pièces de porcelaine, leſquelles ſont elles-même ſaturées de la matière du feu. On ne voit point alors ſortir de fumée du fourneau ; tout eſt en incandeſcence : l'eau, le feu, les parties charbonneuſes qui colorent ordinairement la fumée, les cendres, ne forment enſemble qu'une maſſe diaphane & homogène de feu.

Si l'on ceſſe d'alimenter le feu du fourneau, conſéquemment qu'aucune matière combuſtible ne fourniſſe plus d'eau, pour former de la flamme, il n'en ſort plus de l'intérieur du fourneau ; mais la maſſe du

(1) Voyez mes Mémoires de Phyſique ſur l'art de fabriquer le fer, pag. 99 in-4°, chez Delalain, 1775.

feu qu'il renferme, tendant toujours à s'élever par la partie ſupérieure, ne commence à former de la flamme qu'au bord extérieur de la bure du fourneau; c'eſt-à-dire, lorſque le principe du feu peut ſe combiner avec l'eau ſurabondante de l'atmoſphère. Ceci eſt une nouvelle preuve que l'eau eſt néceſſaire pour former de la flamme, & que l'eau eſt brûlante & ardente, lorſqu'elle eſt combinée avec le feu.

Je dois faire obſerver à l'appui de ce ſentiment, que la flamme que produiſent les corps inflammables, tels que les eſprits ardens, les huiles éthérées, celles par expreſſion, la cire, les graiſſes, les gommes, les réſines, les bitumes & autres ſubſtances qui contiennent beaucoup de parties aqueuſes, n'eſt que le produit de la combinaiſon du principe du feu avec l'eau eſſentielle de ces corps, laquelle ſouffre une décompoſition qui fait entiérement diſparoître ſa forme élémentaire. Les obſervations ſuivantes ſont encore des preuves inconteſtables de ce principe.

Lorſque l'on jette une petite quantité d'eau ſur un très-grand feu, on voit bientôt s'élever une flamme qui ne provient que de la combinaiſon d'une petite portion d'eau avec le principe du feu.

Le bois verd brûlé en pleine campagne, forme un feu bien plus âpre & plus ardent que le bois ſec, & les maſſes de flammes qui s'en élevent, ſont bien plus volumineuſes, parce que le bois verd contient plus d'eau que le bois ſec.

Si l'on jette de l'eau ſur de l'huile enflammée, elle augmente la flamme, au lieu de l'étouffer.

J'ai remarqué dans pluſieurs incendies publics, que l'eau lancée par les pompes, augmentoit l'intenſité des flammes, lorſqu'elles ne portoient pas ſur les parties enflammées une quantité d'eau ſuffiſante pour abſorber les maſſes du feu.

Pluſieurs ouvriers qui fondent des métaux, font paſſer

paſſer une vapeur aqueuſe par le foyer de leur fourneau, pour augmenter la force du feu & accélérer leur opération.

Dans les forges à fer, lorſque l'on mouille le feu avec deux, trois & quatre livres d'eau lancée ſur les foyers des chaufferies & des affineries, il en réſulte trois combinaiſons ; ſi celui qui a ſoin de bouger le feu, ſait donner à l'écuelle le tour de main néceſſaire pour diſtribuer l'eau en nappe ſur l'étendue du foyer; alors une partie de l'eau qui tombe ſur la ſurface des charbons extérieurs, les éteint avec frémiſſement, parce qu'elle a communication avec l'air libre, & qu'étant ſupérieure en force aux parties ignées qu'elle touche, elle en abſorbe le feu : elle eſt alors raréfiée en vapeur viſible ; première vue & première combinaiſon.

L'autre portion de l'eau eſt attirée par le centre du foyer qui prend plus d'activité par la combinaiſon de l'eau avec le principe du feu ; ſeconde vue & ſeconde combinaiſon.

Dans la première, c'eſt l'eau qui abſorbe le feu, & empêche les charbons de ſe conſommer en pure perte ; dans la ſeconde, c'eſt le feu qui abſorbe l'eau & qui en reçoit plus d'intenſité.

Enfin, l'eau réduite en vapeurs, d'abord à la ſurface des contours du foyer, eſt pouſſée par l'aſpiration dans l'intérieur du tuyau de la cheminée, où elle eſt diſſoute par la vive chaleur qui y règne; elle devient inviſible, ainſi que celle qui s'eſt combinée dans le centre du foyer, juſqu'à ce que l'une & l'autre ſoient portées à une hauteur plus ou moins grande, ſuivant l'état de l'atmoſphère ; elle forme alors un nuage qui diſparoît enſuite, à meſure qu'il s'éleve au deſſus du point où il s'eſt formé, parce qu'il eſt rediſſous par l'air.

J'ai eu ſouvent l'occaſion & la curioſité d'examiner

avec attention ce phénomène, & j'ai toujours obſervé que plus le temps eſt froid & ſerein, plus le feu a de maſſe & d'activité, plus auſſi l'eau diſſoute par le feu, s'éleve à une plus grande hauteur en vapeurs inviſibles, ſouvent de 15 à 20 toiſes. L'on voit alors ſe former tout-à-coup un nuage fortement agité ſous une forme globuleuſe; il ſe déforme, devient chevelu & diſparoît enfin, à meſure qu'il eſt entraîné & diſſous par l'air; ainſi que les brouillards ſe diſſipent, à meſure que le ſoleil monte ſur l'horizon.

Lorſque l'on jette environ une livre d'eau ſur une groſſe loupe de fer qui ſort de l'affinerie, & qui eſt trop fondante pour la ſoumettre à la percuſſion du marteau; l'on ne voit point de vapeurs nébuleuſes s'élever immédiatement au deſſus; l'eau roule ſur ce métal ardent, ſans preſque le toucher, parce que les globules d'eau ſont ſoulevées par le torrent des parties ignées qui s'en échappent & ſe combinent enſemble. Mais ſi l'on fait attention à ce qui ſe paſſe à une certaine hauteur, on voit qu'à meſure que le feu & l'eau combinés s'élevent ſous la forme d'une vapeur tranſparente & preſque imperceptible, le feu eſt abſorbé par l'air de l'atmoſphère, il quitte l'eau qu'il tenoit en diſſolution, laquelle reparoît bientôt ſous la forme d'un brouillard épais qui eſt rediſſous par l'air ſupérieur à meſure qu'il s'éleve & qu'il s'éloigne du centre de la chaleur.

C'eſt ce qui eſt arrivé au peu d'eau que l'on a jeté ſur une grande maſſe de verre en fuſion dans un pot de la glacerie de S. Gobin. L'eau ne pouvoit s'étendre ſur la ſurface du verre, parce que la chaleur la ſoulevoit, & ſes parties s'attirant mutuellement, elles ſe réuniſſoient en globules; ſous cette forme, l'eau préſentoit peu de ſurface, c'eſt ce qui a rallenti ſa diſſipation. La chaleur étant ſurabondante & infiniment ſupérieure à la quantité d'eau, celle-ci a été diſſoute par

le feu & s'eſt combinée avec cet élément ; enſorte qu'elle n'a point paru ſous la forme d'une vapeur blanche & épaiſſe ; mais avec les couleurs & la tranſparence du feu dont elle étoit vivement pénétrée & avec lequel elle étoit intimement combinée.

L'eau que l'on a jetée ſur le verre en fuſion, n'a point fait d'exploſion, ainſi que celle que l'on jette ſur l'argent, le cuivre, l'étain, la fonte de fer dans leur bain, parce que nul corps denſe, épais & ſolide ne s'oppoſoit à ſon expanſion, pas même l'air groſſier, parce que le feu qui l'environnoit, opéroit le vuide.

Il n'en eſt pas de même quand c'eſt le métal en fuſion qui couvre une petite quantité d'eau cachée dans quelques parties du moule qui le reçoit. L'eau alors eſt raréfiée en raiſon de la maſſe de chaleur qui l'environne. Si la vapeur qu'elle forme & qui eſt douée d'une force centrifuge immenſe, ne trouve point d'iſſue pour s'échapper dans l'atmoſphère, elle preſſe avec impétuoſité de toutes parts, les corps qui l'environnent, & ſon effort eſt toujours en raiſon de la réſiſtance qu'elle éprouve. L'exploſion eſt d'autant plus violente, que la maſſe qui cède à ſon action, a plus de poids & d'adhérence.

Il arrive cependant quelquefois que l'eau recouverte d'un métal en fuſion, ne fait point d'exploſion : en voici un exemple fréquent dans les forges.

Si une maſſe de métal eſt aſſez fluide, ou en aſſez grande quantité pour ne pas ſe figer promptement ; en ſorte que ſes ſurfaces ſupérieure & inférieure ſoient refondues ſucceſſivement par l'effet de la chaleur du centre & du mouvement de ſes parties pendant un certain temps, à meſure qu'elles prennent une premiére conſiſtance ; alors la vapeur de l'eau pénétre la maſſe du métal fluide, y excite du tumulte, & fait irruption par les bouillons qu'elle occaſionne, juſqu'à ce qu'elle ſoit entiérement diſſipée. Mais ſi le

métal prend trop de conſiſtance à l'endroit par lequel il touche l'eau, ne cédant plus alors à la preſſion de ſa vapeur, il ſe fait une violente exploſion, & le métal, partie figé & partie en fuſion, éclate avec fracas, il eſt lancé au loin, au grand danger des ſpectateurs & des bâtimens voiſins.

Je puis dire ici avec Virgile.

» *Quæque miſerrima vidi*,

» *Et quorum pars magna fui.*

Car j'ai porté pendant ſix ſemaines à la jambe une brûlure très-grave, occaſionnée par un jet de fonte de fer, lancée d'une maſſe de vingt-quatre quintaux, qui éclata entiérement par l'effet d'un peu d'eau qui ſe trouva nichée ſous le moule qui la contenoit.

Le même accident n'arrive pas, lorſque la maſſe d'eau eſt ſupérieure à celle du métal en fuſion; car on peut ſans aucun danger, faire couler pluſieurs milliers de fonte de fer, dans un courant d'eau; ce qui ſe pratique dans quelques forges; alors l'eau qui eſt un grand conducteur de la chaleur, abſorbe celle du métal, à meſure qu'elle le reçoit.

L'on ſait que des torrens de laves en fuſion, ſe précipitent des bouches des Volcans dans des lacs, des fleuves & dans la mer, ſans en ſoulever les eaux, ni y occaſionner de tonnerre, parce que les maſſes d'eau ſont ſupérieures à celles de la chaleur. Il n'en eſt pas de même, lorſque l'action du feu d'un Volcan aſpire par des canaux ſouterrains l'eau de quelques amas voiſins: cette eau eſt raréfiée en partie par la chaleur, ſous une maſſe énorme de matières en fuſion pâteuſe qui réſiſte d'abord à ſa preſſion; mais quand l'effort eſt devenu ſupérieur à la réſiſtance, c'eſt alors qu'il ſe fait une exploſion terrible qui porte des maſſes prodigieuſes de matières confuſes à des diſtances infinies, & cauſe dans l'intérieur des chaînes des mon-

tagnes, des commotions qui ſe propagent dans une partie du globule.

D'après les différens phénomènes que je viens de détailler, de l'action réciproque que l'eau & le feu ont l'un ſur l'autre, on peut conclure que l'eau que M. Deslandes a jetée ſur du verre en fuſion, ne devoit point produire d'exploſion ; parce que, 1°. elle étoit en trop petite quantité pour abſorber la chaleur qui l'environnoit, & devenir l'agent principal.

2°. Qu'elle ne touchoit preſque pas le verre, étant continuellement ſoulevée par la chaleur qui en ſortoit.

3°. A meſure qu'elle perdoit de ſon volume par la raréfaction, ſes parties déſunies étoient abſorbées par le feu, & ſe combinoient avec lui, de façon qu'ils ne formoient enſemble qu'une maſſe homogène enflammée qui ne trouvoit point de réſiſtance à ſon expanſion ; parce que l'intérieur du fourneau de la glacerie étoit purgé d'air groſſier, & l'on ſait que la poudre à canon, ne fait point d'exploſion dans le vuide ; à plus forte raiſon un peu d'eau réduite en vapeur, ſi ténue qu'elle eſt inviſible.

Si l'eau que l'on a jetée ſur le verre eût pu pénétrer dans le fond du creuſet, ſous la maſſe de verre en fuſion, il y auroit eu alors ou un bouillonnement conſidérable ou une exploſion ; c'eſt ce qui arrive dans l'étamage par immerſion dans les fabriques de batterie de cuiſine en fer & en cuivre façon du levant, dans leſquelles l'étameur rafraîchit dans l'eau les pièces, pour les plonger ſucceſſivement humides dans le bain de l'étain, juſqu'à ce que l'étamage ſoit complet & uniforme. L'humidité fait éclater le bain au point d'obliger l'étameur à porter un maſque. Cette pratique eſt auſſi vicieuſe qu'elle eſt dangereuſe.

Si l'on avoit jeté l'eau ſur le pot, dans le temps que le ſel de verre eſt en efferveſcence ſur la ſurface

du verre, avant la combinaiſon de ces deux matières; alors l'eau par ſon poids pouvant s'inſinuer entre le verre qui occupe la partie inférieure du creuſet, & l'écume mouſſeuſe du ſel de verre qui nage à la ſurface, il y auroit eu exploſion & une pluie de feu par l'expanſion ſubite de l'eau ſerrée entre deux corps denſes & chauds.

Puiſque dans ces obſervations, j'ai eu occaſion de parler du procédé par lequel on réduit en gâteaux la roſette dans les fonderies en cuivre, & les floſſ ou la fonte de fer dans quelques forges du Nord, en jettant de l'eau ſur ces métaux en bain, pour en conſolider la ſurface que l'on enlève ſucceſſivement avec un travail auſſi pénible qu'il eſt dangereux, je ne puis me diſpenſer de faire connoître que ce procédé eſt très-défectueux, & qu'il ne doit la continuité de ſon uſage, qu'à une routine peu éclairée.

Les raiſons qui me font deſapprouver cette manipulation, ſont, 1°. qu'il ſe conſomme en pure perte une grande quantité des charbons que l'on eſt obligé d'enlever du foyer pour découvrir le bain.

2°. Que la ſuite nombreuſe des opérations de ce procédé, prolonge immenſement le travail.

3°. Que les foyers ſe refroidiſſent, & par la longue interruption des ſoufflets, & par l'eau que l'on y répand.

4°. Que telle attention que l'on apporte pour découvrir le bain, il reſte dans les contours des petits charbons, des fraſins embrâſés qui ſont ſoulevés rapidement par l'eau, & expoſent les ouvriers à être brûlés & aveuglés.

5°. Que les ouvriers qui enlèvent avec des crochets les gâteaux qui ſe forment à la ſuperficie du bain, ſont vexés par une chaleur très-incommode.

6°. Que telles précautions que l'on prenne, il dégoutte toujours des grenailles de métal à demi figé, qui ſe perdent dans les récremens du feu.

L'on peut par un autre moyen très-ſimple, beaucoup plus expéditif & moins dangereux, réduire la roſette & la fonte de fer en gâteaux. Ce moyen eſt uſité déja dans quelques forges françoiſes où l'on purifie la fonte de fer par la macération, pour faire des carillons & des aciers. Voici comme l'on y procède.

Lorſque le métal eſt reſté en bain un temps ſuffiſant pour opérer le départ des matières hétérogènes confondues avec les parties métalliques dans la matte de fer; que ces matières étrangères réduites en ſcories fluides, ſe ſont écoulées par un égoût pratiqué au niveau de la ſurface du bain; on perce alors au bas du creuſet la braſque par le trou du chio, afin de donner iſſue au métal fluide qui coule dans un moule plat & horiſontal dont le champ & les contours ſont formés avec des fraſins humectés. Lorſque tout le métal que contenoit le creuſet eſt réuni dans le moule en une couche d'environ un pouce & demi d'épaiſſeur, on le laiſſe un peu figer, pendant ce temps l'humidité du moule y excite un mouvement tumultueux qui le fait bouillonner, & le rend criblé d'une infinité de petits trous & de cavités, comme la pâte d'un pain bien levé. Le métal étant encore d'une conſiſtance pâteuſe, on trace à ſa ſurface, avec un morceau de bois appointé, des traits qui le diviſent en autant de parties que l'on juge à propos, & ſur les dimenſions que l'on veut donner aux gâteaux. On jette auſſi-tôt beaucoup d'eau ſur le métal, afin de le décaper & l'aviver, c'eſt-à-dire, pour détacher des ſurfaces le peu de ſcories qui peuvent y être adhérentes; lorſque le métal eſt conſolidé, mais encore rouge, on lève les gâteaux qui ſe ſéparent ſuivant les diviſions que l'on a tracées.

Cette opération qui dure quelques minutes, ſe fait ſans retarder celle de la fuſion de la coulée qui doit ſuccéder. Le foyer n'eſt point refroidi, l'on ne perd ni temps, ni charbon, ni métal; les ouvriers ne ſont

expoſés à aucun danger, & la maſſe des gâteaux étant rendue bien cellulaire, elle eſt diſpoſée à recevoir plus avantageuſement l'impreſſion du feu d'un ſecond affinage.

Cette méthode devroit être généralement adoptée, tant dans les forges où ſe fabriquent les carillons & les aciers par macération, que dans les fonderies de roſettes de cuivre.

Ce n'eſt que par les deſcriptions comparées des différentes manipulations uſitées dans les travaux en grand de la métallurgie, que l'on parviendra à démontrer aux ouvriers qui y ſont appliqués, même à ceux qui les dirigent, la néceſſité de proſcrire des méthodes vicieuſes pour en adopter de meilleures ; mais la plûpart de ceux qui ont décrit les travaux du fer & de l'acier, n'ont point rempli ce point de vue important aux progrès de nos manufactures ; n'étant point artiſtes, ils ont décrit aridement des opérations dont ils n'avoient apperçu que les mouvemens ſans approfondir ni en ſentir le but. C'eſt cette tâche que je me propoſe de remplir, & dont je m'occupe.

AVIS

SUR

LE QUATRIÈME MÈMOIRE.

L'ÉDITION du Mémoire ſuivant, faite en 1782, par ordre du Gouvernement, étant épuiſée, je me détermine à le faire réimprimer, avec d'autant plus de raiſon, que dans la première Édition, il s'eſt gliſſé deux erreurs; l'une relative au fer n° III, où la forge de Gincla eſt indiquée en Rouſſillon, & cette forge eſt en Languedoc: l'autre, à l'article du fer, n° IV, provenant de la forge de la Combe, dite appartenir à M. d'Acquillard, au lieu de M. de la Guerre. Les expéditions qui m'ont été fournies, lors de l'envoi de ces fers, ayant été mal énoncées, ont donné lieu à ces erreurs involontaires. Je reſtitue dans cette Édition les choſes dans l'ordre; afin de rendre a chacun ce qui lui eſt dû, & faire jouir la Province du Languedoc, de l'avantage de la concurrence que lui mérite la ſupériorité des fers qu'elle produit.

MÉMOIRE

CONTENANT

Les détails, analyſes & réſultats des expériences faites en 1780, par ordre du Gouvernement, dans les Forges du Comté de Buffon en Bourgogne, & dans la Manufacture Royale d'Acier fin de Néronville en Gâtinois; afin de connoître ſi les Fers françois ont la propriété d'être convertis en Acier, par la voie de la cémentation. Lu à l'Académie des Sciences les 8 & 12 juin 1782; par M. GRIGNON, *Chevalier de l'Ordre du Roi.*

AYANT préſenté à l'Adminiſtration pluſieurs Mémoires, dans leſquels j'avois démontré la néceſſité de tenter les moyens d'élever en France des Manufactures d'acier fin, pour enlever anx Etrangers une branche de commerce d'importation qui eſt ſi onéreuſe à la Nation; que Néronville étoit la ſeule Manufacture en grand d'acier fin par cémentation, & qu'elle n'employoit que des fers de Suède (1); &

(1) M. le Comte de Broglie fait fabriquer de l'acier par cémentation, depuis environ quinze ans, dans ſes forges de Ruffecq en Angoumois, avec les fers de cette forge. En 1781, M. Mongenet, Maître des Forges de Franche-Comté, s'eſt attaché un ouvrier étranger pour lui monter une Fabrique d'acier avec les fers de la Province. Toutes les autres Fabriques d'acier du Royaume travaillent en acier naturel ou produit par la fonte de fer immédiatement.

enfin, ayant aſſuré, d'après les eſſais que j'avois faits, qu'il étoit poſſible de convertir nos fers françois en bon acier fin.

Le Gouvernement, attentif à procurer aux Arts & aux Manufactures nationales, des objets d'émulation & les moyens de faire fleurir le Commerce, m'autoriſa en novembre 1779, à faire les expériences néceſſaires pour conſtater la propriété relative que les meilleures eſpèces de fers françois ont pour être convertis en acier fin, par la voie de la cémentation.

M. le Comte de Buffon voulut partager le ſacrifice que le Gouvernement faiſoit à l'utilité publique; il offrit ſes forges & un fourneau, que cet homme célèbre à tant de titres avoit fait conſtruire à grands frais pour reprendre la ſuite de ſes expériences ſur l'acier. Nous engageâmes l'Adminiſtration à accepter ces offres avec d'autant plus d'empreſſement, que cette poſition nous fourniſſoit l'occaſion de conſulter ce ſavant dans le cours de nos opérations, de profiter de ſes lumières & de ſes conſeils, & que les moyens qu'il offroit diminueroient conſidérablement les dépenſes.

Dès-lors je me diſpoſai à préparer tous les objets néceſſaires. J'écrivis dans différentes Provinces du Royaume, pour faire rendre à Buffon les fers de meilleures qualités qui m'étoient connus.

J'en tirai des Pyrénées, des Alpes, des Voſges, de Franche-Comté, Lorraine, Champagne & Berry.

Dans l'examen de ces fers, j'indiquerai les forges dans leſquelles ils ont été fabriqués.

Il étoit néceſſaire que je m'aſſuraſſe de l'état du fourneau deſtiné à mes opérations, afin de prévoir & faire d'avance les réparations dont il pouvoit être ſuſceptible. Je me rendis en décembre 1779 aux

forges de Buffon ; j'examinai le fourneau ; je trouvai les arceaux & des dalles de pierres de 4 pouces d'épaiſſeur préparées pour le creuſet. Je les fis placer dans l'intérieur du fourneau, & le fis murer, comme ſi le creuſet eût été rempli de fer en cémentation. Je fis enſuite du feu de bois pendant un jour entier, pour en connoître le tirage & le degré de chaleur dont il étoit ſuſceptible. Par cette tentative préliminaire, je reconnus que ce fourneau étoit en état de remplir le but de mes opérations, en y faiſant quelques changemens légers, & cependant eſſentiels au régime du feu.

Ce fourneau eſt une maſſe de maçonnerie adoſſée à un mur de forte conſtruction ; la baſe forme un carré long de 14 pieds 2 pouces de longueur ſur 8 pieds 2 pouces de largeur ; tout l'extérieur eſt composé de gros carrodages en pierres de taille, dans leſquelles on a pratiqué trois rangs d'évents triangulaires, au nombre de 30, diſtribués ſur les trois faces apparentes du fourneau. Au centre de cette maſſe l'on a laiſſé un eſpace vuide pour contenir le foyer, le creuſet & ſes ſupports. Cet eſpace a 26 pouces de largeur : elle pénètre la maſſe de part en part, & s'élève juſqu'à la hauteur de 7 pieds 3 pouces, depuis le ſol juſques ſous la clef d'une voûte en brique de 12 pouces d'épaiſſeur. Cette voûte eſt percée de cinq ouvertures régulièrement eſpacées, & garnies chacune d'un tuyau de fonte de fer de 5 pouces ſur 5 pouces en carré. C'eſt par ces tuyaux que la flamme s'échappe dans cinq canaux formés en maçonnerie de brique, ſur les mêmes dimenſions que les tuyaux de fonte de fer. Ces canaux ſont poſés obliquement ; leur baſe s'embouche avec les tuyaux, & leurs ſommets vont dégorger dans l'ouverture d'une cheminée élevée ſur un des côtés du maſſif du fourneau ; la partie ſupérieure s'élève au-deſſus des toitures : c'eſt

cette cheminée qui détermine le tirage du fourneau & le rend très-actif.

Le vuide intérieur du fourneau eſt muré de part & d'autre avec des briques ; l'épaiſſeur de chaque portion de cette maçonnerie eſt diviſée en deux parties, l'une extérieure qui reçoit l'impreſſion du feu : c'eſt une chemiſe de 13 pouces d'épaiſſeur, n'ayant que 8 pouces à la baſe, parce qu'il y a une ſaillie de la maçonnerie qu'elle enveloppe ſur 20 pouces de hauteur. Cette chemiſe s'élève perpendiculairement, & ſupporte la voûte de l'intérieur du four ; elle n'eſt point liée avec le mur de brique intermédiaire entr'elle & la maçonnerie en pierre, parce qu'étant ſujette à éprouver des dégradations occaſionnées par le feu, on peut la démolir & la reconſtruire, ſans altérer les autres parties du fourneau. Le mur intermédiaire en brique, eſt ſeulement de 6 pouces d'épaiſſeur ; il ſert de cuiraſſe à la maçonnerie en pierre calcaire du pourtour du fourneau, afin de le défendre de l'action de la chaleur.

Pour placer le creuſet dans le fourneau, l'on conſtruit treize arceaux, dont les deux premiers affleurent la face extérieure des deux côtés des tiſards, & n'ont que 6 pouces d'épaiſſeur & de largeur : ils ne ſervent qu'à ſupporter le mur de brique que l'on élève de chaque côté pour fermer le fourneau, lorſque l'enfournement eſt complet. Les onze autres arceaux ont chacun 8 pouces de largeur & 6 pouces d'épaiſſeur ; ils ſont eſpacés de 6 pouces en 6 pouces, pour donner des iſſues à la flamme qui doit chauffer le creuſet, & s'élèvent à 37 pouces de hauteur, où ils ſe terminent horizontalement, pour recevoir la plate-forme du creuſet.

L'eſpace longitudinal qui règne dans toute la longueur du fourneau ſous ces arceaux, pour former le foyer, eſt de 16 pouces de largeur & de 29 pouces de hauteur ſous clef.

Le creuſet qui portoit ſur ces arceaux, étoit compoſé de dalles de pierres (dites grès de Semur) de 4 pouces un quart d'épaiſſeur; celles du fond étoient poſées à plat ſur les arceaux, & celles des quatre côtés de champ, à la hauteur de 27 pouces au-deſſus du fond, toutes liaiſonnées avec un mortier d'argile rouge. L'on tiſoit le feu des deux côtés, en jettant des fagots & des bourrées ſous l'arcade : il étoit excité par un vent paſſant; & lorſque nous fîmes ouvrir les murs poſtiches du fourneau, pour en reconnoître l'état intérieur, nous nous apperçumes que le feu que nous avions fait faire en décembre avoit calciné les pierres de grès dont le creuſet étoit compoſé; ce qui me fit connoître que ce grès de Semur n'eſt compoſé que d'un très-gros ſable quartzeux, réuni en maſſe fort dure par un cément de ſpath calcaire, & qu'il n'eſt pas propre à former un creuſet de cette eſpèce. Je le remplaçai avec des briques de Montbar & d'Ancy-le-Franc, n'ayant pu m'en procurer de meilleure qualité.

Je crus devoir diviſer en deux parties le foyer inférieur qui régnoit dans toute la longueur du fourneau, parce que l'air entroit par un côté plus abondamment que par l'autre, ſuivant l'impulſion qu'il recevoit de la preſſion de l'atmoſphère : cette variété rendoit le feu inégal, abſorboit une partie de la chaleur, & incommodoit les ouvriers; accident qui n'eut pas lieu depuis que j'eus fait élever un diaphragme au centre, afin de diviſer le foyer inférieur en deux parties ſéparées & ſans communication.

J'avois reconnu auſſi que la méthode de chauffer ces ſortes de fourneaux étoit vicieuſe, en ce que l'on jette le bois ſous l'arcade, ainſi qu'il ſe pratique dans les Briqueteries & autres fourneaux en différens genres. Les inconvéniens qui en réſultent ſont une moindre chaleur, une plus grande dépenſe de combuſtible, & le tirage moins actif. Je fis conſtruire à chaque

bout, des landiers tels que ceux dont on fait uſage dans pluſieurs fours de porcelaine; ils avoient 27 pouces de hauteur, 32 pouces de longueur, & un pied de largeur intérieurement : ils étoient traverſés par deux barres de fer de 15 lignes de groſſeur, & j'avois fait pratiquer dans la partie antérieure une ouverture de 12 pouces de hauteur ſur 15 pouces de largeur, pour débraiſer en cas de beſoin; & hors le temps néceſſaire pour cette opération, cette ouverture étoit toujours fermée par une plaque de fonte de fer.

La méthode de tiſer le feu, en ſe ſervant de landiers, procure une infinité d'avantages dont voici les principaux.

1°. Un enfant de 15 à 16 ans peut alimenter le feu, puiſqu'il ſuffit de poſer ſucceſſivement une buche de 28 à 30 pouces ſur le foyer.

2°. Le tiſeur n'eſt jamais vexé par la chaleur; au contraire, en poſant ſa buche ſur le centre d'où le fourneau tire la chaleur la plus intenſe, il reſſent l'effet d'une fraîcheur occaſionnée par la colonne d'air qui ſe précipite avec rapidité, & ſe renouvelle ſans ceſſe.

3°. Il ne ſe fait de braiſe dans les fourneaux de ce genre, qui ont un bon tirage, que dans les premières journées, ou juſqu'à ce que le feu ait acquis aſſez d'activité pour blanchir les corps qui ſont ſoumis à ſon action; alors toute la matière combuſtible ſe décompoſe, pour augmenter la chaleur : à peine reſte-t-il quelques cendres.

4°. Il n'entre dans le fourneau, à travers les buches qui couvrent les landiers, aucune partie ſurabondante d'air atmoſphérique, qui ne ſoit décompoſée par l'embraſement du bois qu'il occaſionne; point bien eſſentiel, & ſur lequel ceux qui ont écrit ſur la Pyrotechnie n'ont pas encore aſſez réfléchi, & qu'ils n'ont peut-être pas encore apperçu.

Dans un fourneau où l'on établit le foyer ſur le

ſol, même ſur une grille, il paſſe une colonne d'air, dont il n'y a que la partie qui touche immédiatement la maſſe de combuſtible embraſée, qui ſubiſſe une décompoſition néceſſaire à l'intenſité de la chaleur: l'autre, qui paſſe pardeſſus le centre du foyer, eſt entraînée par le tirage dans la capacité du fourneau, ſans être décompoſée; elle atténue une partie de la chaleur, & détruit même ſon effet. L'air fait plus; il décompoſe les corps, & réduit en chaux les métaux que l'on ſe propoſoit de fondre. C'eſt ſur cet accident qu'eſt fondée la lithargiration en grand du plomb dans la coupelle; l'on favoriſe cette lithargiration par l'intromiſſion de l'air fourni par le vent d'un ſoufflet rabattu ſur le métal en bain par des papillons. Cet air atmoſphérique calcine le plomb & l'empêche d'entrer dans une vitrification complette, parce qu'il n'a pas ſervi à l'embraſement, & qu'il n'a pas été décompoſé; car ſi le plomb, dans les affinages en grand, ſe vitrifioit, il s'imbiberoit preſque totalement dans le maſſif de la coupelle, ce qui arrive dans les eſſais docimaſtiques.

Lorſque nous avons appris que tous les fers que nous avions demandés étoient arrivés aux Forges de Buffon, nous nous y ſommes rendus; nous avons pris la précaution de recommander aux Maîtres de Forges qu'ils fiſſent mettre ces fers en bottes; qu'ils fuſſent marqués exactement des caractères diſtinctifs & d'uſage dans les Forges d'où ils procédoient, pour éviter la confuſion, être bien ſûr de l'origine de chacun de ces fers, & enfin qu'ils fuſſent forgés à très-peu-près ſur les mêmes dimenſions (1).

(1) M. de Lauberdière, Maître des Forges de Buffon, nous a prêté, de la manière la plus officieuſe, tous les ſecours dont nous avions beſoin, Ouvriers, uſines, matériaux en tous genres & ſa maiſon, avec la plus grande généroſité. Nous lui devons cet hommage public de notre reconnoiſſance.

Dans

Voulant éprouver la propriété des fers des forges de Buffon, & perſuadés qu'en prenant des précautions pour les purifier, l'acier qui en réſulteroit ſeroit d'une meilleure qualité que celui que l'on faiſoit avec les fers fabriqués ſuivant l'uſage ordinaire de la forge, j'ai choiſi une gueuſe, portant le n° 49; ſon grain étoit gris, petit, brillant; il y avoit peu de facettes.

J'ai démoli une Affinerie, pour y monter une Fonderie, afin d'y macérer partie de cette gueuſe: l'on en a tiré 458 livres de mazelle; le ſurplus de cette gueuſe a été affiné dans une renardière à la manière ordinaire. On verra la diſparité de ces fers, procédans de la même gueuſe, dans l'examen de tous les fers qui ont été employés à nos eſſais. Les 458 livres de mazelle ont produit 330 livres de fer: c'eſt à raiſon de $1387\frac{1}{4}$ pour 1000.

Je m'étois procuré des fers d'Eſpagne, de Suède & de Sibérie, par la voie du Havre, afin d'avoir des points de comparaiſon avec les fers de France. Ceux d'Eſpagne étoient ſous forme d'applati, échantillon qui ne convenoit pas à mes opérations: je l'ai fait couper & corroyer, pour le réduire ſous le marteau à des dimenſions à-peu-près ſemblables à celles des fers des autres qualités.

Ce fer d'Eſpagne, qui venoit de Bilbao, s'eſt trouvé rouverain, c'eſt-à-dire, caſſant à chaud, & ſe forgeant très-difficilement; mais d'une très grande ténacité à froid.

J'ai procédé enſuite à marquer toutes les barres aux deux bouts & ſur chaque face plate avec un ciſeau à froid, pour y imprimer un n° particulier à chaque eſpèce, afin que je puſſe les reconnoître après qu'elles ſeroient cémentées, & je les ai placées chacune ſéparément dans des caſes cotées des n^{os} correſpondans.

Je fis caſſer les fers, afin de reconnoître la qualité

de chacun ; enſuite couper de longueur proportionnée au creuſet, en leur donnant 2 pouces de moins que le creuſet, qui avoit 10 pieds 7 pouces de longueur en dedans. Tous ces fers furent d'abord ciſelés de quatre faces, & rompus à coups de maſſe ſur un caſſoir de fenderie. Nous détaillerons les qualités diſtinctives de ces fers, dans un tableau qui préſentera leur état en nature de fer, d'acier bourſoufflé, & en acier fabriqué, afin que l'on ſoit à même de faire des comparaiſons plus préciſes.

Pendant que je faiſois préparer les fers, je m'occupois en même temps des matières propres à la cémentation, & de la conſtruction du creuſet.

Je fis monter les arceaux, des dimenſions décrites plus haut, avec des briques de Montbar, ainſi que la ſéparation des deux foyers inférieurs ; je fis poſer ſur ces arceaux une plate-forme de 11 pieds 4 pouces de longueur ſur 20 pouces de largeur, & de 5 pouces d'épaiſſeur, compoſée de briques d'Ancy-le-Franc, qui ſont moins ferrugineuſes que celles de Montbar. J'obſervai de former le premier rang de cette plate-forme avec de grands carreaux, qui portoient de 2 pouces ſur les arceaux, & de faire couvrir tous les joints par le ſecond rang, ainſi ſuceſſivement par les trois autres rangs, afin de bien liaiſonner la maçonnerie faite avec mortier de terre rouge argilleuſe détrempée claire, pour éviter l'épaiſſeur du mortier. J'élevai enſuite les quatre parois du creuſet avec des briques de même qualité, ſur 4 pouces d'épaiſſeur & 37 pouces de hauteur. J'obſervai d'appuyer ces parois du creuſet par des piles de 4 pouces de largeur, montées en briques, & liaiſonnées avec le creuſet, laiſſant des intervalles de 4 pouces de largeur & de 8 pouces de longueur ſur toute la hauteur du creuſet, pour ſervir de paſſage à la flamme. Lorſque le creuſet fut achevé, je le laiſſai ſécher un jour,

& enſuite j'y plaçai le fer lit ſur lit, entremêlé de lits de poudre de cémentation, preſſée avec les pieds, le premier & le dernier lit de poudre étant de 1 $\frac{1}{2}$ pouce, & les autres d'égale épaiſſeur à celle du fer. Il y a eu quatorze lits de fer; ſur le dernier lit de cémentation, j'y avois placé une couche formée d'une triple feuille de papier gris mouillé, & pardeſſus une couche de ſable vitreſcible, tiré de la rivière d'Armançon, afin de contenir le cément, & de le garantir de l'action immédiate du feu & de l'air. Ce lit de ſable portoit ſur les briques des côtés du creuſet, & décrivoit un arc dont la corde avoit 20 pouces & la flèche 4 pouces.

J'avois fait pratiquer à chaque bout du creuſet deux ouvertures de 2 $\frac{1}{2}$ pouces de largeur & de 1 $\frac{1}{2}$ pouce de hauteur, pour placer des barres d'épreuves; & en rangeant le fer dans le creuſet, j'avois eu l'attention de faire paſſer par ces trous des bouts de barres qui ſortoient de 8 pouces de longueur, pour pouvoir les tirer, & par-là juger des degrés de l'action de la cémentation. L'on éleva enſuite en briques les deux murs poſtiches qui fermoient le fourneau, en obſervant de pratiquer des carneaux vis-à-vis les éprouvettes; carneaux que l'on ſcelle en maçonnerie, pendant que le fourneau eſt en feu. Je laiſſai ſécher un jour cette maçonnerie.

J'avois tenu regiſtre des ſortes & du poids des fers qui compoſoient chaque rang; il en étoit entré 3737 $\frac{1}{2}$ livres en 73 barres, avec 65 bouts & 2 filières de fer provenant de la filerie de Lod en Franche-Comté; enfin, 22 pieds cubes de poudre de cémentation.

Le cinquième jour d'août, à 5 $\frac{1}{4}$ heures du matin, je fis mettre le feu au fourneau, & l'on commença par un petit feu pour ſécher les mortiers; le lendemain à pareille heure, le fourneau pouſſa beaucoup de vapeurs, & le feu prenoit déja de l'intenſité.

Le 9, à trois heures du matin, l'on s'eſt apperçû de la chûte d'une brique, & vers minuit un arceau s'affaiſſa. Le 10, à ſix heures, cet arceau coula en mâchefer, & le fond du creuſet s'ouvrit : il fallut ceſſer le feu. Cet accident a été occaſionné par la qualité trop fondante des briques de Montbar & du mortier (1).

Lorſque le fourneau fut refroidi, on démolit tout l'intérieur ; la partie du fer qui avoit reçu immédiatement l'action du feu, par la rupture du creuſet, occaſionnée par la fuſion des briques ferrugineuſes qui compoſoient les arceaux, étoit très-endommagée, & l'acier qui s'étoit formé avoit été en plus grande partie détruit par le recuit qu'il avoit reçu ; mais la partie des barres qui n'avoit point ceſſé d'être entourée de cément, étoit convertie plus des deux tiers, c'eſt-à-dire, qu'il reſtoit environ un tiers de fer au centre.

Je procédai promptement à la reconſtruction d'un nouveau creuſet ; je ſuivis l'avis de M. le Comte de Buffon, pour faire les arceaux en pierre de taille calcaire, puiſqu'il ne devoit ſervir qu'une fois : on mit ſeulement des patins ou des baſes de briques ſous les arceaux, & le diaphragme fut fait de briques d'Ancy, n'ayant pas ſous la main des pierres propres en ſuffiſance. Le fond du creuſet fut formé par des dalles de pierres de 5 pouces d'épaiſſeur, ſur leſquelles on

(1) En 1780, pareil accident a manqué d'être très-funeſte à la Manufacture de Neronville ; au huitième jour de feu, les mortiers du fourneau fondirent & formèrent une matière vitreuſe, qui ruiſſelant de toutes parts, vint ſe réunir dans les chauffes, où il ſe forma une maſſe de plus de ſix milliers de verre très-maſſif. Heureuſement que la cémentation étoit finie, & que cet accident n'endommagea point l'acier ; car il y en avoit plus de 73 milliers dans les creuſets.

éleva les côtés avec des briques d'Ancy-le-Franc, liées avec du mortier compoſé de terre à faïance pulvériſée & tamiſée, gâchée très-clair. Je fis donner 33 pouces de hauteur au creuſet, & je le remplis de vingt-quatre lits de barres de fer, & de vingt-ſix lits de poudre de cémentation; il y entra 4070 $\frac{1}{2}$ livres de fer, faiſant 7 $\frac{1}{3}$ pieds cubes, & 24 pieds cubes de poudre de cémentation; en total, 31 $\frac{1}{2}$ pieds cubes, quoique les dimenſions du creuſet, qui ſont de 10 pieds 7 pouces de longueur, 12 pouces de largeur, & de 33 pouces de hauteur, ne donnent que 29 $\frac{1}{9}$ pieds cubes : enſorte que la cémentation a été diminuée de volume de 2 $\frac{2}{9}$ pieds, par la compreſſion qu'on lui a donnée en enfournant. Elle a éprouvé encore une plus forte diminution par le taſſement, qui eſt l'effet du feu, ainſi que nous le verrons plus bas.

J'obſervai les mêmes précautions pour cette fournée, comme dans la précédente. Tout étant prêt, les éprouvettes placées & les murs poſtiches finis le 22 août, je laiſſai le tout ſe raffermir le 23.

Le 24, à 5 heures du matin, on alluma le feu ſur l'âtre, c'eſt-à-dire, ſur le ſol du cendrier, ſans faire uſage des landiers, afin de faire petit feu pour ſécher & échauffer inſenſiblement le fourneau. Le lendemain matin on pouſſa le feu juſques vers le diaphragme du fourneau, toujours très-doucement avec trois à quatre buches de chêne par chaque bout, rangées le long du cendrier.

Pendant la nuit, le fourneau parut s'échauffer, particulièrement dans le milieu; l'odeur de corne brûlée ſe fit ſentir, ce qui dénotoit que le feu commençoit à porter ſon action dans l'intérieur du creuſet.

Le 26, à cinq heures du matin, je fis tiſer ſur les landiers; après avoir fait débraiſer en partie le cendrier; les deux rangées ſupérieures des ſoupiraux

commencérent à pouſſer quelques vapeurs aqueuſes; & dans le milieu du jour du 27, le feu prit une ſi grande intenſité, que le diaphragme fondit en partie, ainſi que la baſe en brique des arceaux : les parties en pierres ne reçurent aucune atteinte; & quoique l'on ait retiré de dedans le fourneau quelques briques réduites, par la chaleur, en pâte molle, il n'en eſt réſulté aucun accident qui ait porté préjudice au ſuccès de l'opération.

Le même jour, vers les ſept heures du ſoir, l'on ſentit une légère odeur ſulfureuſe, qui provenoit des matières de la cémentation, quoiqu'elles ne contînſſent rien de ſulfureux par elles-mêmes.

Le 28, à ſept heures du matin, je tirai une éprouvette, qui me démontra que la cémentation n'avoit encore pénétré qu'au tiers de l'épaiſſeur du fer : mais quoique le bout de barre qui ſervoit d'éprouvette fût compoſé d'un fer très-nerveux & difficile à rompre, il étoit devenu très-caſſant, tant la partie qui étoit déja de bon acier, que la partie ferreuſe.

Il avoit régné un vent très-violent, qui, refoulant ſur la cheminée, avoit un peu ralenti l'activité du feu, ce qui avoit fait accumuler de la braiſe dans le cendrier, & fait pouſſer par les ſoupiraux des vapeurs noires, qui avoient une odeur de foie de ſoufre : il fallut débraiſer par les portes des landiers, & j'apperçus alors des gâteaux de maſſes vitreuſes, qui me donnèrent de l'inquiétude; mais ne m'appercevant d'aucun dérangement, je continuai à pouſſer le feu.

Quoique le 29 le vent eût gêné le feu, le fourneau étoit très-chaud, & ronfloit uniformément; les ſoupiraux ceſsèrent de pouſſer des vapeurs noires & odorantes. Le feu ſe ſoutint très-bien par un tirage uniforme.

Le 30, à l'aurore, le vent vint encore nous contrarier. Je fis tirer à huit heures du matin une ſe-

conde éprouvette, qui montra un beau grain uniforme, ſemblable à une belle fonte griſe de fer, ſans apparence de partie ferreuſe. Cet acier chauffé ceriſe, ſe forgeoit bien; chauffé blanc, avant d'avoir été forgé, il éclatoit ſous le marteau; mais après l'avoir traité doucement, il a ſubi les chaudes ſuantes, s'eſt bien ſoudé. J'en ai fait faire un ciſeau à froid, qui enlevoit des copeaux de fer, ſans grainer, ni refouler.

A dix heures du même jour, j'ai tiré une troiſième éprouvette, qui étoit entièrement convertie en acier d'un grain uniforme; & comme les dimenſions de cette barre étoient un peu plus foibles que la majeure partie de celles qui étoient ſoumiſes à l'effet de la cémentation, j'ai fait continuer le feu juſqu'à ſept heures du ſoir.

Le feu a duré continu ſix jours & treize heures, dont trente-ſept heures de petit feu, un jour de feu moyen, & quatre jours d'un feu très-vif.

L'on a conſommé douze cordes de bois de 8 pieds de couche & de 4 pieds de hauteur, les buches de 28 pouces, ce qui fait ſeize voies de Paris, tant en chêne que hêtre, frêne & tremble, avec cent cinquante fagots de peuplier, qui ont produit 9 pieds cubes de cendres paſſées, peſant 37 livres le pied cube: au total, 333 livres, en négligeant les cendres provenant des fagots pour celles qui ont pu être mêlées dans les décombres & celles qui ont été entraînées dans la cheminée par le torrent de la ventilation. Il auroit fallu près de 100 pieds cubes de bois, tant plein que vuide, pour donner un pied cube de cendres, & la voie ne donneroit que 29 $\frac{1}{2}$ livres de cendres.

Le lendemain 31 août, j'ai fait démolir les murs poſtiches du fourneau encore rouge, afin de refroidir le creuſet, lequel s'étoit affaiſſé de 3 pouces au couchant & de 2 $\frac{1}{2}$ pouces au levant, par la fuſion

des mortiers qui lioient les briques : mais comme cette fuſion s'étoit opérée lentement & ſucceſſivement, les briques s'étoient reſſerrées & ſoudées l'une ſur l'autre, ce qui avoit empêché le creuſet de prendre de l'évent par les parties latérales, à l'exception du bord ſupérieur au couchant, où il y avoit une légère ouverture, qui avoit donné lieu à une dépreſſion de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de la cémentation qui s'étoit conſommée. Le fer qui s'y trouvoit n'étoit point ardoiſé comme l'autre ; il étoit rougeâtre, & cette partie étoit redevenue fer à l'extérieur par le recuit.

La voûte ſupérieure étoit conſidérablement endommagée par l'effet de la chaleur ; pluſieurs briques s'en étoient détachées, & elle s'eſt ſurbaiſſée de 8 pouces dans pluſieurs endroits où les mortiers s'étoient fondus.

Les tuyaux de fonte de fer qui ſervoient de paſſage à la flamme, avoient éprouvé pluſieurs ſortes de dégradations ; l'ouverture des trois du centre s'étoit conſidérablement reſſerrée par le gonflement de la fonte qui s'étoit calcinée. Une partie étoit réduite en colcotar ; l'autre, & c'étoit la majeure, étoit décompoſée en une eſpèce de laitier fragile & teſſulaire, dont les feuilles formées ſucceſſivement, avoient diminué conſidérablement le diamètre de l'orifice de ces tuyaux.

Les deux des bouts étoient calcinés en partie comme les précédents ; mais il s'en étoit fondu une portion conſidérable, qui étoit tombée en nature de régule ſur la couche du ſable du creuſet, & l'avoit même pénétrée.

Les côtés intérieurs du fourneau, formant ſa chemiſe, avoient pouſſé intérieurement, & par conſéquent avoient reſſerré les évents qui donnent paſſage à la flamme. Cet effet procédoit, d'un côté, du ramolliſſement des briques par l'action du feu; de l'autre,

par l'effet de l'expanſibilité des vapeurs, qui, agiſſant par une force centrifuge dans le maſſif des murs, ſe portoit également du côté des paremens extérieurs de la maçonnerie en pierre de taille, laquelle, par ſa maſſe & ſon poids, oppoſoit une réſiſtance ſupérieure à l'effort, repouſſoit l'effet contre le mur intérieur, dont les briques ramollies cédoient à la puiſſance.

Cependant il ſe fit le cinquième jour du feu, à la face extérieure du fourneau, une petite lézarde, d'où il ſortoit une vapeur légére, dont une partie condenſée ſuintoit une eau limpide.

Après quatre jours de refroidiſſement, je fis démolir le 3 ſeptembre, les bouts du creuſet, pour en tirer l'acier, qui étoit encore aſſez chaud pour que les ouvriers fuſſent obligés de ſe ſervir d'enveloppes.

Le ſable vitreſcible qui couvroit le creuſet s'étoit agglutiné en une maſſe blanche, grenue & cryſtalline, qui formoit une eſpèce de granit artificiel. Cette couverture s'étoit foiblement dérangée : elle étoit ſeulement crevaſſée dans quelques endroits. La maſſe totale du fer & du cément s'étoit ſurbaiſſée de près de 2 pouces, leſquels, joints aux 2 $\frac{1}{2}$ pouces de taſſement du creuſet, formoient en tout une dépreſſion totale de 4 $\frac{1}{2}$ pouces ſur toute la capacité du creuſet, ce qui fait près de 4 pieds cubes ou $\frac{1}{6}$ de la poudre de cémentation employée ; mais cette perte de la cémentation eſt produite par pluſieurs cauſes, ſoit naturelles, ſoit accidentelles, leſquelles préſentent différens phénomènes, qui méritent attention.

La ſuie & les matières animales qui entrent dans la cémentation, ne ſont pas réduites à l'état charbonneux parfait qu'elles acquièrent pendant la cuite de l'acier ; cet effet qu'elles ſubiſſent les diminue de volume, première cauſe de taſſement.

Lorſque des ſubſtances de diverſe nature, combi-

nées dans une même maſſe, ſont expoſées au feu, elles ſubiſſent l'effet de la réaction que leurs parties conſtitutives ont l'une ſur l'autre ; il en réſulte une pénétration qui en diminue le volume & en augmente le poids ſpécifique : ſeconde cauſe phyſique de diminution.

Une troiſième cauſe, qui eſt accidentelle, procède de l'évent produit, tant par les crevaſſes légères de la couche de ſable qui couvre le creuſet, que par l'ouverture formée à l'un de ſes bouts par la fuſion des mortiers ; enſorte que la portion de cémentation qui avoit communiqué avec le feu extérieur combiné avec l'air atmoſphérique, s'étoit en partie conſommée.

Enfin, une quatrième cauſe procède de la nature calcaire de la pierre poreuſe du fond du creuſet, laquelle a conſommé en partie la poudre de cémentation d'une part, & de l'autre en a détruit l'effet par ſa propriété oppoſée à celle de la cémentation : enſorte que les barres du fond, qui, après l'opération, touchoient la ſurface intérieure de cette pierre, y étoient adhérentes ; & cette ſurface étoit redevenue fer, tandis que celle oppoſée, couverte de cémentation, étoit de très-bon acier.

Afin de ne pas nous diſtraire des différens objets qui doivent fixer actuellement notre attention, nous réſervons à la fin de ce Mémoire des réflexions & des obſervations qui pourront ſervir de règle aux particuliers qui voudroient élever des Manufactures d'acier par cémentation, dans la conſtruction des fourneaux deſtinés à cette opération.

Je reviens à l'acier, qui eſt le principal objet des vues du Gouvernement, & conſéquemment de ce Mémoire.

Je fis tirer le 4 ſeptembre tous les fers cémentés du creuſet, & ayant l'inventaire à la main, j'en re-

connus les numéros, pour faire ranger chaque ſorte ſous ſon numéro particulier, & enſuite je les fis peſer ſéparément. Le poids total ſe trouva de 4131 $\frac{1}{2}$ livres; ils peſoient bruts, avant la cémentation, 4070 $\frac{1}{2}$ liv. Il y a donc une augmentation de 61 livres, qui donne par quintal 1 livres 7 onces 4 gros 71 grains moins $\frac{20}{8623}$. Cet accroiſſement de poids pouvoit procéder en partie de quelques parcelles de matières charbonneuſes de la cémentation, attachées à la ſurface des barres; & pour conſtater préciſément l'accroiſſement de poids que produit la cémentation, dans une expérience ſubſéquente j'ai ſoumis à la cémentation 509 livres de barres de fer écurées, pour en enlever la rouille : elles ont été de même écurées après la cémentation, pour enlever la matière charbonneuſe; & après en avoir reconnu le poids, il s'eſt trouvé 6 $\frac{1}{2}$ livres d'excédent, ce qui donne par quintal 1 livres 4 onces 6 gros 28 $\frac{4}{5}$ grains d'augmentation, qui ne peut être attribuée qu'à la quantité du principe qui s'incorpore dans le fer, & le convertit en acier; principe qui en augmente non-ſeulement le poids, mais encore le volume, de 10 $\frac{1}{2}$ lignes juſte par 100 pouces de longueur des barres, indépendamment des ſoulevemens de l'étoffe du fer, qui forment des ampoules dont il ſera queſtion.

Nous nous étendrons beaucoup plus au long ſur ces points de Phyſique, dans le Traité complet de l'Acier que nous nous propoſons de publier inceſſamment; nous y donnerons des réſultats d'expériences faites ſur des maſſes de 80 milliers de fer cémentés à-la-fois.

Comme il nous reſtoit 941 $\frac{1}{2}$ livres de fer brut, que le fourneau de Buffon ne pouvoit ſervir à une troiſième opération, ſans y faire des réparations notables, qui auroient exigé beaucoup de temps, & que nous deſirions varier l'opération; nous avons

fait tranſporter à la Manufacture de Néronville ces fers, qui ont été joints avec 440 liv., provenant des Forges du Berry, appartenantes à M. le Duc de Charoſt, & qui ſont arrivés trop tard pour être cémentés à Buffon. Tous ces fers ont été cémentés avec ceux de la fournée de décembre 1780, dans un creuſet ſéparé & diſtingué de ceux de la Manufacture.

Lorſque l'acier fut peſé, je ſéparai tous les bouts peſant 582 livres, que j'envoyai au martinet de la petite forge du Buffon, pour le ſuer, le ſouder & l'étirer en barrettes; l'on y employa 45 pieds cubes de charbon de bois. Cet acier brut a produit:

» En acier bon, propre à travailler . 503 liv.
» En rebuts, de celui qui n'a pas bien ſoudé. 15
» Et en déchets conſommés. . . . 64

» Total du poids de l'acier brut. . 582 liv.

Comme je me ſuis apperçu que le Martineur de Buffon n'avoit pas l'uſage de travailler l'acier, & que l'ordon n'étoit pas favorablement diſpoſé pour cette opération, je me déterminai à faire tranſporter 3650 liv. d'acier brut à Néronville, pour y être fabriquées en acier commerçable ſous différens calibres, par des Ouvriers au fait & outillés convenablement.

Les fers que je fis cémenter à Néronville en octobre 1780, éprouvèrent des variétés dans leur cémentation, comme ceux que j'avois cémentés à Buffon, & ce en raiſon de leur qualité intrinsèque & de leurs dimenſions. L'on verra dans le tableau ſuivant, les qualités, les défauts & les variétés qui les caractériſent, & les différentes ſortes de mines qui les ont produits.

Nous avons ajouté au tableau, 1°. une ſorte de fer ſous le n° 13, provenant d'un mélange des fers des dix premiers numéros, dont j'avois coupé les bouts, qui avoient été expoſés à l'action immédiate du feu, lors de l'accident arrivé au creuſet le 9 août. Ces bouts, peſant 130 liv., ont été mis à l'affinerie pour les corroyer ; l'on en a tiré deux barres, peſant 105 livres ; ce qui donne 25 livres de déchet, à cauſe des parties calcinées avant cette opération.

2°. Une barre de fer de Sibérie, que nous nous étions procurée, & dont les Ouvriers ont mêlé l'acier fabriqué avec les fers de Suède.

3°. Du fer de Pêmes en Franche-Comté, que la Manufacture de Néronville avoit fait venir par eſſai.

Nous avons fixé à 50 l'effort néceſſaire pour rompre le fer le plus caſſant, & à 200 le dernier terme de la force de ceux que nous avons éprouvés. Nous n'aſſurons pas que ces degrés ſoient aſſignés avec une préciſion rigoureuſement mathématique ; nous n'avions pas à notre diſpoſition des inſtrumens propres à reconnoître la force préciſe de chaque fer : nous ne l'avons reconnue que par les coups de maſſe plus ou moins multipliés qu'ils ont exigés pour les rompre ſur le caſſoir ; & comme, dans toutes les eſpèces, nous en avons trouvé de plus ou moins réſiſtans, nous avons toujours pris pour baſe ceux qui ont exigé le plus d'effort dans chaque ſorte. L'on doit faire attention auſſi que, dans le cours d'une longue fabrication, il y a des variétés qui nuancent la qualité des fers, & la changent même preſque totalement. Des veines de minérai, des qualités de charbon, l'intelligence & l'attention des Ouvriers y concourent.

Nous avons penſé qu'il étoit néceſſaire de donner d'abord le détail de toutes les opérations ſucceſſives de la cémentation, avant d'entrer dans l'analyſe des

différens fers employés, des modifications qu'ils ont reçues, & de la qualité de l'acier qui eſt réſulté de chacun de ces fers, afin de donner plus de liaiſon à nos obſervations; & quoique nous les ayions détaillées dans ce Mémoire, nous les avons réunies dans le tableau que nous avons annoncé, lequel concentre ſous un coup-d'œil:

1°. La ſérie des fers que nous avons employés.

2°. Le caractère des mines qui les ont produits.

3°. Les marques caractériſtiques & diſtinctives de chaque eſpèce de fer.

4°. Les Provinces d'où ils ont été tirés.

5°. Le nom des Forges dans leſquelles ils ont été fabriqués.

6°. Le nom de MM. les Propriétaires ou des Maîtres de ces Forges.

7°. Les dimenſions de l'échantillon de ces fers en largeur & épaiſſeur.

8°. La contexture de chacun.

9°. La qualité particulière de chacun, avec une eſtimation de leur force.

10°. Le déchet que ces fers ont éprouvé en les corroyant, pour en réduire une portion ſous la forme de carillons d'une dimenſion propre pour des expériences ultérieures.

11°. Les effets extérieurs de la cémentation.

12°. L'altération de leur contexture par la cémentation.

13°. Le jugement qu'en ont porté les Ouvriers dans le corroiement des aciers-poule, pour les convertir en acier commerçable dans le martinet de Buffon.

14°. De même dans la forge de Néronville.

15°. Les eſſais qui en ont été faits par le ſieur Langlois, Coutelier, & ſon avis.

16°. De même, celui du ſieur Perret.

17°. Enfin, nos obſervations particulières.

Quoique nous ayions formé ce tableau par extrait, il eſt d'une trop grande étendue pour tenir place dans ce Mémoire, ce qui nous détermine à le développer ici.

Examen des différentes ſortes de Fers qui ont été ſoumis aux expériences de la cémentation, des différens rapports qu'ils ont entr'eux, des modifications qu'ils ont éprouvées, tant avant qu'après leur cémentation & leur converſion en acier commerçable, avec l'avis des Ouvriers qui en ont fait les eſſais.

N°. 1er. *Fer de Suède, marqué S. I. D.*

Nous ne connoiſſons pas le caractère particulier des mines qui ont produit ce fer, parce que nous n'avons point ſu de quelle Province de Suède il avoit été tiré.

Les barres de ce fer aſſez bien fabriqué, quoique pailleux, avoient 18 $\frac{3}{4}$ lignes de largeur ſur 6 $\frac{1}{2}$ lig. d'épaiſſeur; il montroit à la caſſure moitié grain fin brillant & moitié nerf blanc, rompant avec effort, ſans arracher, forgeant bien à chaud & à froid, pailleux, ferme à la lime. Nous l'eſtimons à 175 degrés de force; il a perdu 9 pour $\frac{0}{0}$ de déchet dans le corroiement.

Les barres de ce fer, en ſortant de la cémentation, étoient très-bourſoufflées de bulles rondes de moyenne groſſeur, & couvertes d'un vernis bleu azuré; le nerf avoit diſparu, & étoit remplacé par un gros grain lamelleux & brillant; il avoit perdu plus de 150 degrés de ſa force.

Lorſque cet acier-poule a été corroyé & forgé au martinet de Buffon, il s'eſt montré un peu vif, cependant forgeant & ſoudant bien; un grain fin, cendré au centre, blanc & brillant au contour; des parties homogènes, d'autres filandreuſes, d'autres ferreuſes avec des pailles.

A Néronville, cet acier a paru vif, chauffant, ſec; facile à forger, ſoudant bien, plein, homogène; grain fin, ſombre, d'une trempe très-dure, caſſant en flûte avec des miettes.

Le ſieur Langlois l'a trouvé vif, ſec, craignant le feu, pailleux, dur à la trempe, d'un grain très-fin, uniforme.

Le ſieur Perret l'a jugé chauffant & ſoudant à volonté, doux au marteau, dur à la trempe, d'un grain fin avec quelque brillant, ayant des pailles & des filandres.

Obſervations particulières. La diſparité des eſſais procède des nuances qui ſe trouvent dans une même barre d'acier. La pâte de celui-ci eſt généralement bonne: ſon étoffe eſt défectueuſe, ſa vivacité eſt le défaut de tous les aciers fins; ils perdent inſenſiblement cette vivacité, par l'intelligence de l'Ouvrier. Les défauts de ſon étoffe proviennent de ceux de la fabrication primitive du fer; il demande une cémentation modérée.

N°. II. *Fer d'Eſpagne, venant de Bilbao, ſans marque.*

Nous ne connoiſſons pas la nature des mines qui ont produit ce fer: il étoit en applati; nous l'avons fait corroyer, pour le réduire en barres: il s'eſt montré caſſant, crevant, & très-difficile à forger à chaud, très-facile à froid, & de la plus grande ténacité.

Sa pâte étoit compoſée de $\frac{1}{4}$ grain fin gris; $\frac{3}{4}$ nerf cendré rembruni, rompant avec le plus grand effort, & en arrachant de loin, doux à la lime, aſſez mal fabriqué, ayant des pailles & des gerçures. Nous eſtimons ſa force à 190 degrés: il a perdu au corroi 6 pour $\frac{0}{0}$.

Ce fer étant ſorti de la cémentation, étoit couvert de beaucoup de bulles rondes, larges & élevées; ſon

ſon vernis étoit bleu, moins haut en couleur que celui de Suède ; ſon grain moyen, lamelleux, diviſé par des ſoufflures.

Cet acier-poule, travaillé au martinet de Buffon, s'eſt trouvé très-facile à chauffer, à forger & à ſouder ; ſa pâte pleine, homogène, d'un grain fin, gris-ſombre, dur à la trempe.

A Néronville, il s'eſt travaillé avec la plus grande facilité, ſoudant parfaitement, d'une pâte homogène, d'un grain fin, gris, uniforme, quelques pailles & filandres dans ſon étoffe, d'une moyenne dureté à la trempe, caſſant net en flûte.

Le ſieur Langlois l'a qualifié d'excellent acier ſuperfin, ſe chauffant & ſoudant bien, dur à la trempe, d'un grain très-fin, uniforme.

Le ſieur Perret, qui n'a pas porté la même attention que le ſieur Langlois pour diſtinguer la différence de ces aciers, a confondu ce n° avec neuf autres, qu'il dit ſe chauffer & ſouder à la volonté de l'Ouvrier ; doux au marteau, dur à la trempe, d'un grain fin, pas toujours égal, ayant des filandres & des cendrures.

Obſervations. La pâte de ce fer d'Eſpagne eſt une des plus propres à faire des aciers de haute qualité : on deſireroit un peu plus de netteté dans ſon étoffe ; il demande une cémentation active, & d'être trempé roſe pour lui donner de la dureté.

N°. III. *Fer de la Forge de Gincla en Languedoc, timbré d'une cloche, appartenante à M.* DE RIVALZ.

Ce fer a été travaillé à la Catalane, avec des mines ſpathiques blanches & brunes ; des hématites rouges & brunes, mêlées d'une terre vitreſcible.

Les barres avoient 26 $\frac{3}{4}$ lig. de largeur & 6 $\frac{1}{8}$ lig. d'épaiſſeur.

La pâte étoit compoſée de très-peu de grain fin & gris : tout le reſte étoit nerf blanc, rompant avec beaucoup d'effort, en arrachant & de loin; forgeant très-bien à chaud & à froid, doux à la lime, mal fabriqué, ayant des pailles. Nous eſtimons ſa force à 200 degrés : il a perdu 6 $\frac{1}{10}$ pour $\frac{0}{0}$ au corroi. Ce fer avoit déja été repaſſé au martinet dans la forge, parce que la première fabrication dans les Forges Catalanes eſt ordinairement très-défectueuſe.

Ce fer, au ſortir du creuſet de la cémentation, a montré des pailles : il étoit couvert de groſſes bulles plates, éloignées les unes des autres; ſa ſurface étoit d'un bleu-foncé rembruni.

Cet acier-poule, paſſé au martinet de Buffon, s'eſt trouvé vif au feu, exigeant des ménagemens pour le forger & le ſouder; d'une pâte homogène, d'un grain fin uniforme, d'une étoffe filandreuſe.

A Néronville, il a été trouvé ſenſible au feu, difficile à forger, ſoudant bien en le ménageant, d'une pâte égale, ayant du corps, d'un grain fin, gris uniforme, d'une étoffe pailleuſe & filandreuſe, caſſant inégalement.

Le ſieur Langlois juge cet acier ſe chauffant facilement, très-dur au marteau, cependant ſe ſoudant très-bien, ce qui n'eſt pas ordinaire. Cela prouve qu'il a beaucoup de corps; il ſe trempe dur à une douce chaleur, ſe dépouille bien, montre un grain fin & égal, & eſt propre à faire de bons tranchans

Le ſieur Perret le confond avec le précédent n°.

MM. Bernières & Duviviers, Graveurs des Monnoies, ont fait faire des coins de cet acier; quatre ont parfaitement réuſſi, un s'eſt briſé à la trempe, un autre s'eſt éclaté ſous le balancier, après quelques jours de ſervice.

Obſervations. Ce fer, que je conſidère comme la première qualité de France dans ſon état de fer,

donne un acier très-fin, qui a du corps & du reſſort, qualité très-recherchée : il ne lui manque qu'un peu plus de proprieté, qu'il ſeroit facile de lui donner en ſoignant plus ſa fabrication. Sa vivacité n'eſt qu'un défaut accidentel dont on peut le corriger.

N°. IV. *Fer de la Forge de la Combe, envoyé par M.* LA GUERRE, *Maître de Forge dans le Comté de Foix, marqué des trois lettres F. I. S.*

Ce fer eſt fabriqué à la Catalane comme le précédent, avec des mines à-peu-près de même caractère (1); les barres avoient 27 lignes de largeur ſur 6 $\frac{3}{4}$ lignes d'épaiſſeur, compoſées de $\frac{1}{3}$ de grain fin, mêlé de $\frac{2}{3}$ nerf blanc, rompant difficilement & en arrachant, forgeant bien à chaud & à froid, ferme à la lime, médiocrement fabriqué, ayant des pailles. Nous eſtimons ſa force à 180 degrés : il n'a perdu que 4 $\frac{3}{4}$ pour cent au corroi.

Après la cémentation, ce fer étoit couvert de bulles oblongues de moyenne groſſeur ; ſon vernis étoit bleu clair ardoiſé ; ſon grain petit, uniforme, lamelleux & brillant.

Cet acier-poule, corroyé à Buffon, s'eſt trouvé facile à chauffer, ſoudant bien avec attention, doux au marteau. Quoique ſa pâte ne fût pas entièrement homogène, le grain en étoit fin, uniforme, ayant une tache noire au centre, ſon étoffe filandreuſe, prenant une dureté moyenne à la trempe.

---

(1) Je dois au zèle dont M. de Saint-Sauveur, Intendant du Rouſſillon, donne des preuves dans toutes les occaſions qui ſe préſentent d'exciter l'émulation dans les Arts de ſon département, les fers de la Combe & de Gincla. Ce n'eſt pas la ſeule obligation en ce genre, dont je doive à ce Magiſtrat un hommage de reconnoiſſance.

A Néronville, il s'eſt montré ſenſible au feu; exigeant au forgeage, d'un grain fin, gris, d'une pâte homogène, d'une étoffe pailleuſe, d'une trempe dure, & caſſant irrégulièrement avec des miettes.

Le ſieur Langlois s'exprime ainſi : « Cet acier ne » craint pas le feu ; il ſe chauffe ſans griller, ſoude » facilement, ſe dépouille bien à la trempe, & y » prend beaucoup de dureté : ſon grain eſt très-fin » & uniforme; il eſt propre, comme le précédent, » à faire de bons tranchans. Le couteau que nous en » avons fait, a un très-bon tranchant, montre quel- » ques filandrures & des pailles.

Le ſieur Perret ayant eſſayé un premier morceau, l'a trouvé réfractaire, & ne pouvant ſe chauffer, ſuant ſans ſe décompoſer ni éclater ſous le marteau. Un ſecond morceau s'eſt montré plus ductile, d'un grain fin, dur à la trempe, ayant des pailles & des veines.

Obſervations. Ce fer a été fabriqué comme le précédent, par liquation, à la Catalane; mais il n'eſt pas d'une pâte auſſi égale, ce qui a donné lieu à la variété qu'il a montrée dans les eſſais. Il eſt cependant ſuſceptible d'être converti en très-bon acier, lorſque l'on en ſoignera plus la compoſition de l'étoffe, pour le rendre plus net.

N°. V. *Fer marqué A. R., provenant de la Forge d'Articole dans les Alpes du Dauphiné, appartenante à M.* DE LA MORLIÈRE.

Ce fer a été travaillé à l'Italienne, avec des mines ſpathiques blanches & brunes tirées de la montagne noire, partie en rives, partie en maillat, & partie décompoſées.

Les barres avoient 26 ½ lignes de largeur ſur 8 d'épaiſſeur; il montroit à ſa fracture ⅓ grain fin & brillant, & ⅔ nerf blanc, rompant avec beaucoup d'effort en arrachant de loin. Il s'eſt trouvé dans pluſieurs

barres quelques parties aciéreuſes cantonnées dans la pâte du fer.

Il forgeoit très-bien à chaud & à froid, bien fabriqué & mal paré, parce que, dans les forges à l'Italienne, l'on ne contreforge pas; que l'on étire toujours en travers, & jamais de long, & que l'on ne pare pas. Nous eſtimons ſa force à 190 degrés: il a perdu 5 $\frac{1}{5}$ au corroi.

Le fer de Dauphiné eſt ſorti de la cémentation chargé de beaucoup de groſſes bulles plates & oblongues, diſperſées dans l'étendue des barres qui étoient vernies en bleu ardoiſé; ſon grain étoit petit, lamelleux, uniforme, traverſé de quelques gerçures.

Cet acier-poule, corroyé à Buffon, a chauffé & ſoudé facilement, a pris de la dureté à la trempe & un grain fin, ayant un peu de nerf ferreux, avec des filandres & des cendrures.

Les Ouvriers de Néronville l'ont trouvé facile à travailler, prenant de la dureté à la trempe & un beau grain gris-ſombre, montrant des parties ferreuſes & des filandres, caſſant net.

Le ſieur Langlois dit qu'il grille un peu au feu par cantons, & qu'il ſe ſoude difficilement; qu'il ſe dépouille bien, & feroit de bons tranchans.

Le ſieur Perret a trouvé au contraire que cet acier étoit doux au marteau; chauffoit & ſoudoit facilement; qu'il prenoit un beau grain & de la dureté à la trempe; qu'il étoit plus net que les n^{os} précédens & les ſuivans, excepté le n° X.

Obſervations. Le fer du Dauphiné eſt travaillé à l'Italienne, *mazeré & pati;* il eſt très-propre à faire un bon acier. La vivacité que le ſieur Langlois y a trouvée eſt un accident qui ne doit point tirer à conſéquence, & procède de ce que le morceau qu'il a éprouvé, avoit ſouffert deux fois la cémentation. L'on ſait que les fontes du Dauphiné ont une très-

grande propriété à être converties en acier, & qu'il y a dans cette Province vingt-huit Acieries, qui ne ſont alimentées qu'avec les fontes procédant des mines ſpathiques des Alpes Françoiſes & Savoyardes. Au ſurplus, ſi cet acier a paru avec des veines ferreuſes, c'eſt que le fer avoit été fabriqué ſous une trop forte épaiſſeur. Celui que le ſieur Langlois a éprouvé, n'avoit point de nerf, parce que la cémentation avoit été non-ſeulement complette, mais même trop continuée.

N°. VI. *Fer marqué F., provenant de la forge de Lod en Franche-Comté, appartenante à M.* FLEURS *l'aîné.*

Ce fer a été travaillé à la manière Allemande, en renardière, avec des mines d'alluvion en piſolite des bords de la Saône, dans la terre calcaire.

Les barres avoient 27 $\frac{1}{3}$ lignes de largeur & 7 $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur bien fabriqué & bien forgé; ſa pâte étoit compoſée de $\frac{1}{4}$ de grain fin gris, & $\frac{3}{4}$ nerf cendré, rompant difficilement en arrachant de long, ſe forgeant bien à chaud & à froid, un peu dur à la lime. Nous eſtimons la force à 170 degrés: il a perdu 7 $\frac{1}{2}$ par $\frac{0}{0}$ au corroiement.

Ce fer eſt ſorti du creuſet de cémentation couvert de beaucoup de petites bulles ſemées dans l'étendue des barres, dont les ſurfaces étoient de couleur bleue ardoiſe; ſon grain étoit fin, plein, uniforme, de couleur cendrée.

Il s'eſt montré, à Buffon, vif, difficile à forger, ayant un grain blanc & brillant, avec un peu de nerf ferreux.

A Néronville, on a trouvé qu'il craignoit le feu, qu'il ſoudoit difficilement, dur à la trempe, d'un grain fin, gris mêlé de plus gros & brillant, ayant des veines ferreuſes, & caſſant en flûte.

Dans la ſeconde opération, le ſieur Langlois dit que cet acier chauffe chaud; qu'il ſoude bien & facilement; qu'il ſe trempe dur à un foible degré de chaleur; qu'il ne ſe dépouille pas net; que ſa pâte eſt compoſée d'un grain très-fin, uniforme, homogène; qu'il a les propriétés du n° IV, pour faire de bons tranchans; & au ſurplus, qu'il eſt propre à faire des reſſorts.

Le ſieur Perret l'a mis au nombre des dix n^os qui ſe chauffent & ſe ſoudent à volonté, qui prennent une bonne dureté à la trempe & un grain fin.

Les deux filières qui ont été cémentées n'ont pas été entièrement converties en acier, parce qu'elles étoient beaucoup trop épaiſſes; elles provenoient de ce fer, & étoient deſtinées pour la Tréfilerie de Lod.

Obſervations. Il ne manque à ce fer que plus de netteté dans ſon étoffe, pour faire un excellent acier; il exige une cémentation qui ne ſoit pas trop active, mais qui ſoit long-temps continuée. L'acier-poule qu'il a produit a eu d'abord beaucoup de vivacité, mais il l'a perdue dans le corroi, & eſt devenu facile à forger: il réunit deux grandes propriétés, la dureté & le reſſort.

N°. VII, *marqué B. F., envoyé par M.* GRANDIDIER, *Maître des Forges de Beffort en Alſace.*

Ce fer a été fait à la méthode Vallone ou Françoiſe, avec des mines en hématites brunes, rouges & noires, dans une terre vitreſcible & argilleuſe.

Les barres étoient forgées ſur 27 $\frac{1}{2}$ lignes de largeur & & 7 $\frac{3}{4}$ d'épaiſſeur, forgeant bien à chaud & à froid.

Sa pâte eſt compoſée de $\frac{1}{3}$ de grain fin gris, & de $\frac{2}{3}$ nerf cendré, rompant difficilement en arra-

chant de loin, un peu dur à la lime, ſon étoffe bien fabriquée & pleine. Nous l'eſtimons à 170 degrés de force; il a perdu $5 \frac{4}{5}$ par $\frac{0}{0}$ au corroi.

La cémentation a couvert ſes ſurfaces de bulles nombreuſes très-petites, les a colorées d'un bleu ardoiſe, & a changé ſa chair en un petit grain lamelleux, uniforme & cendré.

L'acier-poule a paru, au travail de la forge de Buffon, vif au feu & au marteau, ne ſoudant qu'avec précaution; ſa pâte étoit homogène, & ſon étoffe quelquefois filandreuſe.

Quoiqu'il ait montré à Néronville quelques parties vives, il s'eſt en général bien manipulé & a bien ſoudé; la trempe lui a donné de la dureté, & un beau grain fin gris blanc, caſſant inégalement.

Le ſieur Langlois dit: » Cet acier ne craint pas le » feu; il eſt plus dur au marteau que les précédens, » ſoude aſſez bien, ſe dépouille entièrement à la » trempe qui lui donne un grain fin & uniforme, » ſurpaſſe en qualité le nº IV, eſt égal au nº II, » & pourroit être comparé au meilleur acier d'Angle- » terre, s'il étoit auſſi net; mais le couteau qui en » a été fait, montroit des filandres; un burin formé » de cet acier entamoit l'acier, ſans grainer, ni re- » fouler. «

Le ſieur Perret l'a confondu avec les dix nºs qui ſe forgent & ſoudent bien.

Obſervations. Ce fer n'eſt pas d'une qualité égale; l'un eſt preſque tout nerf & l'autre tout grain, ce qui occaſionne de la diſparité dans les eſſais de ſon acier, qui a beaucoup de corps. Ce fer ſoutient une cémentation active; il donne un acier d'une excellente pâte & d'un beau grain: on n'y deſire dans l'étoffe que la netteté néceſſaire pour les ouvrages de la coutellerie & de bijouterie, perfection qu'il ſeroit poſſible de lui donner en ſoignant ſa fabrication.

N°. VIII, *marqué d'un trèfle. Fer de la Forge de Clavières en Berry, envoyé par M.* CARROYON.

Ce fer a été fabriqué à la Vallone, c'eſt-à-dire, en affinerie plate, avec des mines en piſolites dans la terre calcaire. Les barres avoient 25 $\frac{1}{6}$ ligne de largeur & 6 lignes d'épaiſſeur; il montroit à la fracture $\frac{1}{5}$ petit grain, plat, brillant, & $\frac{2}{5}$ de nerf médiocre cendreux, rompant de court par un premier effort, forgeant paſſablement à froid & à chaud, doux à la lime & au marteau. Il étoit fort mal fabriqué. Nous eſtimons ſa force à 150 degrés: il a perdu 7 $\frac{2}{3}$ pour $\frac{0}{0}$ au corroiement.

La cémentation a fait élever à ſes ſurfaces quelques bulles petites & rondes, mêlées de plus groſſes plates, & les a vernies d'une couleur bleue ardoiſe, mêlée de traits azurés; ſa pâte étoit compoſée d'un grain fin ſombre, & ſon étoffe eſt devenue pailleuſe & fendillée.

Cet acier-poule travaillé à Buffon, a chauffé ſec, & s'eſt forgé aſſez facilement: il n'a pas pris une trempe très-dure: ſon grain étoit moyen, blanc, & ſon étoffe filandreuſe & pailleuſe.

Les Ouvriers de Néronville l'ont trouvé facile à chauffer, à forger & à ſouder, d'une moyenne dureté, d'un grain fin, inégal & brillant; ſon étoffe étoit ferreuſe & pailleuſe, caſſant net.

Le ſieur Langlois l'a jugé inférieur au n° VII, tenant le milieu entre les n°s IV & V, ſoutenant bien les chaudes graſſes, forgeant & ſoudant bien, ne ſe dépouillant pas à la trempe, d'un grain fin égal, & d'une étoffe pailleuſe & filandreuſe.

Le ſieur Perret l'a confondu, comme le précédent, avec les dix n^os qui ſe forgeoient & ſe ſoudoient à volonté, prenant une bonne dureté à la trempe, & d'un bon grain, avec des points brillans.

Obſervations. Quoique la pâte de ce fer ſoit ſuſceptible d'être convertie en acier fin, ſon étoffe eſt trop déſunie pour eſpérer d'en faire de bel acier. Il eſt difficile de ſaiſir ſon point de cémentation, puiſqu'il a pris de la vivacité, quoiqu'il contienne encore des parties ferreuſes.

Nous en avons eſſayé d'une autre forge de cette Province, qui a été beaucoup plus vif, & dont il n'a pas été poſſible de lier la pâte par le forgeage. Ce dernier fer provenoit des Forges de M. le Duc de Charoſt.

N°. IX. *Fer marqué* 3 *N. de la Forge de Longuion dans les Evêchés, appartenante à Madame* HARDI.

Ce fer, fabriqué à la Vallone, eſt produit par des mines d'alluvion en pierres hématites jaunâtres, en oolites & en greluches dans la terre calcaire. Les barres avoient 27 $\frac{1}{2}$ lignes de largeur, & 7 $\frac{1}{10}$ lignes d'épaiſſeur.

Sa pâte eſt compoſée de $\frac{1}{3}$ grain rond & mat, & de $\frac{2}{3}$ nerf gris-cendré, rompant avec effort & déchirement, forgeant bien à chaud & à froid, ferme à la lime, dur au marteau. Il étoit très-bien fabriqué. Sa force a été eſtimée 175 degrés : il a perdu 6 $\frac{3}{5}$ au corroiement.

Ce fer eſt ſorti du creuſet de cémentation couvert de bulles élevées & oblongues, de médiocre groſſeur, mêlées de plus petites ; ſa couleur étoit bleue-ardoiſée ; ſon grain étoit fin, lamelleux & brillant, ſans pailles ni gerçures.

Cet acier-poule, travaillé à Buffon, s'eſt trouvé facile à chauffer, à forger & à ſouder, d'un grain fin, égal, un peu blanc, dur, d'une pâte homogène, & d'une étoffe pleine & unie.

A Néronville, de même ſon grain étoit un peu

plus gris, avec quelques veines ferreuſes, dur & caſſant net.

Le ſieur Langlois l'a trouvé plus difficile à chauffer & à ſouder que le nº VIII, dur au marteau, ſe découvrant à la trempe, qui lui donne un grain fin, dur, ayant des pailles & des filandres.

Le ſieur Perret l'a confondu avec les dix nºˢ qui forgent & ſoudent bien.

Obſervation. Ce fer eſt un des mieux fabriqués, & donne un très-bon acier; il prend difficilement la cémentation; il faut qu'elle ſoit vive par ſon action, & pouſſée modérément; il eſt facile d'en ſaiſir le point de ſaturation; ſon acier eſt ferme, dur & élaſtique.

Nº. X. *Fer marqué R. ⚜ E. de la Forge d'Ecot en Champagne, envoyé par M.* MICHEL, *Maître de cette Forge.*

Ce fer, fabriqué à l'Allemande, avec des mines d'alluvion, dites mines en roche; ce ſont des hématites brunes & rouſſes, mêlées d'oolites dans la terre calcaire. Les barres avoient 27 $\frac{1}{3}$ lignes de largeur, & 7 $\frac{1}{6}$ d'épaiſſeur, forgeant bien à chaud & à froid. L'étoffe de ce fer étoit compoſée de $\frac{1}{3}$ de grain rond & gris, & de $\frac{2}{3}$ nerf cendré, rompant avec effort & déchirement. Quelques barres ſe ſont trouvées compoſées entièrement d'un grain plat & brillant. Ce fer, très-bien forgé, étoit dur au marteau & à la lime: il a été eſtimé 145 degrés de force, & a perdu 7 $\frac{1}{12}$ pour $\frac{0}{0}$ au corroiement.

Après la cémentation, les barres ont paru médiocrement couvertes de petites bulles rondes & élevées, colorées en bleu-ardoiſé; ſon grain étoit petit, lamelleux, ſombre, ſans paille ni gerçures.

Il s'eſt travaillé à Buffon avec beaucoup de facilité;

ſon grain étoit très-fin, blanc-mat dans le contour, gris au centre ; ſa pâte homogène & un peu cendreuſe, d'une étoffe unie.

Il a été trouvé à Néronville, facile à chauffer, difficile à ſouder, d'un grain fin gris, cendreux, dur à la trempe & caſſant ſec.

Le ſieur Langlois a trouvé que cet acier craignoit le feu, qu'il ſoudoit cependant aſſez bien ; qu'il ſe dépouilloit à la trempe, & y prenoit beaucoup de dureté, d'un grain fin ; qu'il étoit plus net & moins pailleux que les n^{os} précédens ; qu'une lancette & un couteau faits de cet acier ſe ſont trouvés d'un très-bon ſervice.

Le ſieur Perret a diſtingué cet acier des autres, & l'a comparé au n°. V. Un raſoir qu'il a fait avec cet acier trempé roſe, & recuit jaune, malgré des filandres apparentes, a conſervé dans le ſervice ſon tranchant avec beaucoup de douceur.

Il a été fait deux coins de monnoie de cet acier, pour frapper des louis ; ils ſe ſont trouvés d'un très-bon ſervice.

Obſervations. Ce fer, qui eſt de l'eſpèce que l'on nomme fer de roche de Champagne, n'eſt pas d'une pâte tout-à-fait auſſi fine que celle du fer de Berry, mais elle eſt plus pure en général. Ce fer de roche eſt plus propre que celui de Berry à faire des Ouvrages qui exigent de la force & de la propreté ; la pâte eſt plus liante & plus unie, d'où naît la propriété à faire de bon acier. Il reçoit avidement la cémentation, ce qui doit rendre circonſpect & dans la nature de la cémentation, & dans le régime du feu.

N°. XI. *Fer de la Forge de Buffon en Bourgogne, appartenante à M. le Comte* DE BUFFON, *& fourni par M. de Lauberdière, Maître de ladite Forge.*

Ce fer, qui a été fait par macération, avec des

fontes qui proviennent de mines en piſolites, mélangées de ſable vitreſcible, d'oolites & greluches dans la terre calcaire, eſt une des meilleures qualités de la Province de Bourgogne.

Les barres avoient 23 $\frac{1}{2}$ lignes de largeur ſur 8 $\frac{1}{2}$ lignes d'épaiſſeur. Ce fer étoit compoſé de $\frac{1}{4}$ gros grain, de $\frac{1}{4}$ de petit lamelleux & brillant, & de $\frac{1}{2}$ nerf gris, rompant de court ſans beaucoup d'effort, forgeant mieux à froid qu'à chaud, dur à la lime, médiocrement fabriqué avec des pailles. Il eſt eſtimé avoir 100 degrés de force : il a perdu 5 $\frac{1}{4}$ pour % au corroiement.

Ces barres, après la cémentation, étoient parſemées à leur ſurface de petites bulles rondes, un peu élevées & très-multipliées, & teintes d'une couleur bleue - ardoiſée; l'intérieur montroit un petit grain brillant, lamelleux & uniforme, avec des pailles.

Cet acier-poule a forgé & ſoudé en général aſſez bien ; il s'eſt trouvé des parties plus vives les unes que les autres ; ſa pâte étoit d'un grain très-fin, de couleur matte, & ſon étoffe filandreuſe.

A Néronville, cet acier s'eſt forgé facilement & bien ſoudé ; la trempe ne lui a pas donné une très-grande dureté ; il a pris un grain très-fin gris, ayant au centre un nerf ferreux.

Entre les mains du ſieur Langlois, il a paru vif, & craignant le feu & le marteau, ſoudant cependant aſſez bien en le ménageant ; il s'eſt peu découvert à la trempe, y a pris de la dureté, un grain moyen & mêlé : tel un acier commun qui n'eſt pas net.

Un premier morceau, travaillé par le ſieur Perret, s'eſt trouvé réfractaire, ne pouvant chauffer ſans ſe décompoſer ſous le marteau, comme le n° V.

Un ſecond morceau a été plus ductile, dur à la trempe, mais d'une étoffe déſunie & ſale.

N°. XII. *Fer de la même Forge de Buffon en Bourgogne.*

Ce fer n'a point été fait par macération comme le précédent; il étoit tel que celui qui ſe fabrique ordinairement dans la Forge de Buffon, & procédant de la même gueuſe que le n° XI.

Les barres avoient 24 lignes de largeur & 8 d'épaiſſeur; ſa pâte étoit compoſée de $\frac{1}{3}$ de gros grain lamelleux, de $\frac{1}{3}$ de plus petit & brillant, & de $\frac{1}{3}$ de nerf, ſombre, caſſant avec peu d'effort, forgeant à froid, crevant à chaud, propriété qui l'aſſimile au fer d'Eſpagne, n° II. Il étoit médiocrement fabriqué, dur à la lime; ſa force a été eſtimée 90 degrés.

Ce fer, après la cémentation, étoit parſemé dans ſes ſurfaces de petites bulles, partie rondes, partie oblongues, avoit pris une couleur bleue-ardoiſée; ſon grain étoit très-petit, lamelleux, uniforme & brillant; il montroit des gerçures, des travers & des pailles.

Travaillé à Buffon, il s'eſt montré vif au feu, forgeant difficilement, d'un grain fin blanc, ayant des pailles, des filandres & du nerf: il s'eſt montré tel à Néronville.

Le ſieur Langlois dit, dans ſon verbal: » Cet acier » eſt vif au feu, s'y brûle, éclate ſous le marteau, » ſe ſoude très-difficilement, ſe découvre bien à la » trempe, y prend de la dureté, a un grain aſſez fin, » mais il eſt pailleux & gercé. «

Le ſieur Perret a confondu ce n° collectivement avec ceux qu'il dit s'être forgés & ſoudés à volonté, &c. Il y a apparence que l'ayant comparé aux n^{os} I. II. III. IV. VI. VII. VIII. IX. & XI., pour éviter les détails, il s'eſt trompé particulièrement ſur le n° XII.

Obſervations. Ces fers, difficiles à travailler dès

leur origine, à cauſe des matières hétérogènes qu'ils contiennent, ne pourront jamais produire que des aciers communs quant à la pâte, & défectueux quant à l'étoffe. Nous voyons que, malgré que le n°. XI, procédant de la même gueuſe que le n°. XII, ait été macéré avant l'affinage ordinaire, n'a qu'un très-léger avantage ſur le n°. XII qui ne l'a pas été. Cette qualité de fer ſaiſit trop avidement la cémentation; il en exige une très-modérée, & conduite avec beaucoup de ménagement. Ce genre de fer réuſſiroit mieux à faire des aciers naturels.

N°. XIII. *Fer procédant de la combinaiſon de tous les* n°s. *précédens, corroyés enſemble.*

Ce fer, composé des bouts de tous les autres fers corroyés enſemble, a été forgé en barres de 25 lignes de largeur ſur 8 lignes d'épaiſſeur; ſa pâte étoit compoſée de $\frac{1}{3}$ de grain petit, & de $\frac{2}{3}$ de nerf gris, rompant en arrachant avec beaucoup d'effort. Il a été jugé de 170 degrés de force; il étoit ferme à la lime, dur au marteau, forgeant bien à chaud & à froid, ayant cependant quelques veines aciéreuſes.

Il s'eſt médiocrement bourſoufflé à la cémentation, en petites bulles, partie rondes & partie oblongues, & a pris une couleur bleue-ardoiſée, avec un grain petit, égal & gris.

Cet acier, corroyé à Buffon, quoiqu'un peu vif, s'eſt bien forgé & ſoudé de même; il a montré un grain fin, ayant du nerf ferreux & des filandres.

A Néronville, il s'eſt chauffé plus facilement, s'eſt forgé & ſoudé aſſez bien; il a pris une trempe dure, un beau grain fin gris, ayant des veines ferreuſes, caſſant ni ſec ni net.

Il n'en a point été remis aux Couteliers.

Les perfections & les défauts des autres fers dont

celui-ci étoit compoſé ſe ſont réunis, d'où il eſt réſulté un acier mixte, qui n'eſt que d'une qualité médiocre. La force de ce fer qui a été eſtimée 170 degrés, eſt plus forte de 9 degrés que le terme moyen de celles de ceux ci-deſſus, parce que ce fer a reçu un ſecond affinage, qui a plus épuré ſes différentes parties. Mais comme l'on ne peut unir & combiner du fer aigre avec du fer doux, ſans altérer l'eſſence de ce dernier, & que la pâte qui en réſulte ne peut être aſſez bien combinée pour qu'elle ſoit homogène, il en réſultera toujours une étoffe inégale, qui ne pourra produire que des aciers d'une qualité inférieure. Il eſt donc prudent de cémenter les fers chacun ſéparément.

N°. XIV. *Fer de Sibérie, marqué du chiffre A. P. V. L.*

Ce fer nous a été adreſſé du Havre, mêlé avec le fer de Suède. Nous ne connoiſſons point le caractère des mines dont il provient, parce que nous n'avons pas ſu dans quel canton de la Sibérie il a été fabriqué.

Ce fer étoit mal fabriqué, en barres de 24 lignes de largeur & de 7 lignes d'épaiſſeur; ſa pâte étoit compoſée de $\frac{2}{3}$ de grain moyen terne, & de $\frac{1}{3}$ nerf gris, rompant de court, avec peu d'effort, ſe forgeant médiocrement à chaud, s'écrouiſſant à froid, dur à la lime, d'une étoffe pailleuſe avec des travers. Il a été eſtimé à 155 degrés de force, & a perdu 7 $\frac{1}{2}$ par $\frac{0}{0}$ au corroiement.

Dans la cémentation de ce fer, il s'eſt élevé à ſa ſurface beaucoup de bulles larges, plates, diſtantes les unes des autres, & il a pris une couleur bleue-ardoiſe; ſon grain eſt devenu moyen ſombre & ſaillant.

Travaillé à la forge de Buffon, il s'eſt montré vif au feu, difficile à forger & à ſouder; il a pris beaucoup de dureté à la trempe, un grain fin blanc; ſon étoffe

étoffe étoit cendreuſe & filandreuſe, caſſant net.

Obſervations. Il peut ſe faire, & il eſt hors de doute, que dans l'immenſe quantité de fer qui ſe fabrique en Ruſſie, il y ait des qualités qui aient plus de propriété à faire de bon acier, que celui qui a ſervi à nos expériences; mais celui-ci n'a produit qu'un acier dur, très-difficile à travailler, défectueux par le peu d'union de ſon étoffe. Il ſaiſit vivement le principe aciéreux; c'eſt pourquoi il faut le ménager, lui donner une cémentation moins active, & ſaiſir le point de ſaturation.

N°. XV.

Depuis l'expérience, nous avons fait paſſer à la cémentation trois milliers de fer de la Forge de Peſme en Franche Comté, qui nous a été adreſſé par M. Roſſigneux.

Ce fer, qui eſt employé avec ſuccès à la Manufacture royale d'Armes de Saint-Etienne, provient des mines d'alluvion en oolites, piſolites & en pierres ſpathiques dans une terre calcaire; il eſt compoſé de $\frac{1}{4}$ de petit grain brillant, & de $\frac{3}{4}$ nerf blanc, rompant avec effort. Il a produit un acier qui ſe travaille très-facilement, & ſe ſoude aſſez bien; il prend de la dureté à la trempe & un beau grain gris; ſon étoffe n'eſt pas nette; il y a des filandrures & des cendrures.

Si ce fer étoit fabriqué exprès, comme l'on fait les bons fers de tirterie, il ſeroit très-propre à compoſer un acier fin.

Le tableau des différens fers cémentés & convertis en acier, offre pluſieurs ſujets d'obſervations & de réflexions.

Nous ne nous livrerons pas à tous ceux qui ſe préſentent, parce que nous nous propoſons de donner inceſſamment un Traité complet ſur l'Acier, dont la

plus grande partie du travail eſt fait & copié. Les voyages que nous avons été obligés de faire, en ont retardé la publication. Nous en détachons ce Mémoire, parce qu'il nous a été demandé par le Gouvernement.

La force & le liant du fer procèdent de ſes parties conſtitutives, de leur juſte combinaiſon, de l'homogénéité de ſa pâte, & de la liaiſon intime de ſon étoffe; enfin, d'une juſte doſe du principe du feu, qui n'excède pas celle qui eſt néceſſaire pour donner de la ductilité aux parties élémentaires du métal.

La première de ces qualités procède de l'eſſence des mines.

La ſeconde du travail de l'affinerie.

La troiſième, du travail à la chaufferie & au marteau, lorſque l'Ouvrier cingle ſes pièces, chauffe & ſue ſon fer, le ramaſſe, le tranche, l'étire, le dreſſe & le pare.

La quatrième procède de l'eſſence, de la qualité des charbons, du régime du feu & de la direction du vent.

Or, comme l'effet des cauſes ſecondaires varie au point que l'on peut faire, avec les mêmes matières premières, dans la même Province, dans le même canton, dans la même forge, & à différentes époques, des fers de qualité variable, nous ne prétendons point donner atteinte à la réputation des différens fers du Royaume, en leur aſſignant leur rang de perfection dans le tableau que nous en allons préſenter. Notre jugement porte uniquement ſur ceux qui ont été ſoumis individuellement à nos expériences.

La perfection du fer, exigée par les Arts qui l'emploient, dépend autant de l'étoffe que de la pâte. Un bon fer eſt rarement ſujet aux travers; mais ſouvent il a des pailles profondes, des fentes & des cendrures. Les pailles, en formant une ſolution de continuité, affoibliſſent les maſſes, & les font rompre ſous un fardeau bien moindre que celui qu'un barreau de fer

de même qualité auroit ſupporté, ſi ſon étoffe eût été pleine & continue.

Les fentes, qui ſont une diviſion des parties fibreuſes, ſont formées par l'interpoſition d'une légère écorce de fer en décompoſition, qui s'eſt oppoſée à la ſoudure complette du vif des molécules ferreuſes.

Tous ces défauts du fer paſſent dans les aciers qui en procèdent; la cémentation ne fait que les développer & les rendre plus apparens. Comme ils n'ont d'autre ſource que l'inexactitude dans la fabrication, & qu'ils s'oppoſent à la force & à la netteté du poli des ouvrages qui en ſont compoſés, nous formerons une colonne, qui indiquera leur plus ou moins de perfection procédant de la principale opération de la fabrication.

Les fers tirent auſſi une perfection du forgeage. S'ils n'ont pas été bien ramaſſés & étirés pardevant, ils ſont ſujets à avoir des bouts écrus, des crevaſſes; lorſqu'ils ſont trop tranchés & parés ſur le champ, ils ſont ſujets à des moines; lorſqu'ils ont été bien forgés ſur le plat & parés noirs, ils ſont plus denſes & d'un poids ſpécifique plus fort. Nous formerons donc une colonne, qui indiquera, par l'ordre de leur inſcription les fers plus ou moins parfaitement fabriqués. Cela peut être utile pour faire naître l'émulation; véhicule puiſſant pour la perfection des Arts.

TABLEAU des différentes qualités de Fers du Royaume qui ont été convertis en Acier, & dans lequel ils ſont claſſés ſuivant leur différent genre de perfection, de manière que les plus parfaits en chaque genre ſont inſcrits les premiers.

FER.

Nos. primitifs.	Qualités qui procèdent de la nature des mines & de la bonté de la pâte. Provinces.	Qualités qui procèdent de la nature des mines & de la bonté de la pâte. Forges.	Qualités qui procèdent de la fabrication de l'étoffe. Provinces.	Qualités qui procèdent de la forme extérieure par le forgeage. Provinces.
III.	Languedoc	Gincla.	Champagne.	Evêchés.
V.	Dauphiné.	Articole.	Evêchés.	Champagne.
	Comté de Foix.	La Combe.	Alſace.	Alſace.
IX.	Evêchés.	Longuion.	Fr. Com. Lod.	Fr. Com. Lod.
VI.	Fr. Comté.	Lod.	Dauphiné.	Fr. Co. Peſme.
VII.	Alſace.	Befort.	Fr. Co. Peſme.	Dauphiné.
XV.	Fr. Comté.	Peſme.	Bourgogne.	Bourgogne.
VIII.	Berry.	Clavière.	Comté de Foix.	Comté de Foix.
X.	Champagne.	Ecot.	Languedoc.	Languedoc.
XI.	Bourgogne.	Buffon.	Berry.	Berry.

ACIER.

Nos. primitifs.	Qualités qui procèdent de la nature des mines & de la bonté de la pâte. Forges.	Qualités qui procèdent de la pureté de la pâte. Provinces.	Qualités qui procèdent de la netteté de l'étoffe. Provinces.
III.	Gincla.	Alſace.	Champagne.
V.	Articole.	Champagne.	Alſace.
	La Combe.	Dauphiné.	Evêchés.
IX.	Longuion.	Languedoc.	Fr. Comt. Lod.
VI.	Lod.	Comté de Foix	Fr. Co. Peſme.
VII.	Befort.	Fr. Comt. Lod.	Dauphiné.
XV.	Peſme.	Evêchés.	Languedoc.
VIII.	Clavière.	Berry	Comté de Foix.
X.	Ecot.	Fr. Co Peſme.	Bourgogne.
XI.	Buffon.	Bourgogne.	Berry.

Depuis que j'ai lu ce Mémoire à l'Académie, j'ai fait un voyage en Limouſin, dans lequel j'ai eu occaſion de voir trois petites forges. Le fer que l'on y fabrique eſt d'une très-bonne qualité, propre à faire de très-bon acier, ſur-tout le fer que l'on emploie à la Manufacture d'armes près de Tulles : il eſt de même qualité que celui du Dauphiné. Nous ſaiſirons la première occaſion de donner des détails ſur les opérations de cette Manufacture, dans laquelle nous avons remarqué plus d'attention dans le choix & dans la préparation du fer, de préciſion dans le forgeage, de facilité & d'intelligence dans le travail de la meulière, d'adreſſe dans les ſoudures, & d'économie dans la conſommation, que dans d'autres Manufactures de ce genre que nous avons eu occaſion de voir dans nos voyages.

Des trois fers étrangers que nous avons convertis en acier, celui de Suède a donné l'acier le plus fin, mais le plus vif au feu; celui d'Eſpagne, le plus facile à travailler, le plus beau, mais un peu mou, quoiqu'il ne ſoit point ferreux. Celui de Sibérie n'a produit qu'un acier inégal, de médiocre qualité, très-vif, & difficile à forger & à ſouder. Cette dernière ſorte, dont il peut y avoir des variétés plus propres à être converties en acier que celle que nous avons éprouvée, ne peut donner que des aciers très-communs, d'un difficile emploi.

Celui d'Eſpagne feroit de la très-belle bijouterie, & demande une cémentation active.

A l'égard de celui de Suède, il reçoit avec tant de facilité l'effet de la cémentation, qu'il faut ſaiſir preſtement le point de ſaturation, afin de pouvoir le travailler facilement. Il fait d'excellens tranchans. Il y a en Suède des qualités ſupérieures, tels ceux de Dannemora, de Roſſelagie, & en général ceux appellés D'oregrund.

Nous voyons, par ces obſervations, que les fers de Suède qui ont acquis une grande réputation, ont une très-grande propriété pour faire de bon acier ; ils ont auſſi le défaut d'en faire de très-vif. Les aciers que l'on fait avec les fers de Suède ordinaires qui circulent dans le commerce, ſont des aciers dont la pâte eſt bonne; mais l'étoffe en eſt ſale, cendreuſe & pleine de moines, de veines & de filandrures. J'en ai l'expérience, pour en avoir employé de pluſieurs Provinces de ce Royaume.

Jetons un coup d'œil ſur les divers aciers provenants des fers François. Dans cet examen, nous ferons abſtraction de deux défauts accidentels, que différentes eſpèces de ces aciers nous ont montrés, l'un d'être vif au feu, & l'autre d'être ferreux ; défauts oppoſés, qui procèdent d'une même cauſe, c'eſt-à-dire, des degrés de cémentation qu'ils ont reçus en plus ou en moins.

Les aciers cémentés trop vifs ſont ſuperſaturés par l'effet d'une cémentation trop active ou trop continuée, ayant égard à la propriété des fers, qui procède ou de leur eſſence, ou de leur forme. Les fers mous, grenus & minces d'échantillon, ſaiſiſſent plus abondamment & plus promptement le principe aciéreux : les fers compactes, fibreux & forgés ſur de groſſes dimenſions, reçoivent plus lentement les effets de la cémentation : ils ſont ſujets à donner des aciers ferreux, ſur-tout lorſque la poudre de cémentation n'eſt pas aſſez active, que ſon effet a été interrompu & pas aſſez prolongé, ou qu'il a été détruit par une cauſe extérieure. Nous développerons ces cauſes, ces effets, & les moyens à employer pour traiter les fers ſuivant leurs divers caractères & leurs différentes modifications, dans notre Traité ſur l'acier, dans lequel nous ne négligerons rien pour faire connoître les cinq ſortes d'opérations que l'on emploie

pour faire l'acier, qui ſont la *liquation*, la *fuſion*, la *précipitation*, la *cémentation* & la *réduction*. Ces cinq procédés produiſent autant de ſortes d'aciers, qui ont des caractères différens, & qui ſe ſubdiviſent en des nuances très-étendues quant à leurs qualités.

Nous ne nous arrêterons donc, dans l'examen des aciers que nous avons faits avec les fers François, qu'aux défauts qui procèdent de la nature de la pâte & de la diſpoſition de l'étoffe; défauts qui les rendent difficiles à forger, à ſouder, hétérogènes, cendreux, pailleux, gerceux, filandreux; qui les font boutonner au recuit & à la trempe en paquet; les rendent mous ou aigres à la trempe aqueuſe ou huileuſe, dans laquelle ils ſe voilent plus ou moins; enfin, qui les empêchent de prendre un beau poli, d'une couleur uniforme, ſans taches, ondes, nuages ou piquures, défauts eſſentiels que les bornes de ce Mémoire ne nous permettent pas de développer.

Quoique le fer du Languedoc ait paru devoir être placé au premier rang des fers de France par ſa haute qualité, cependant il n'a pas produit un acier auſſi parfait que celui d'Alſace, qui n'eſt qu'au ſixième rang des fers, & qui occupe la première place des aciers; & par le contraire, celui de Champagne, qui n'a que le neuvième rang parmi les fers, occupe la deuxième place parmi les aciers.

La cauſe de ce phénomène paroît difficile à mettre en évidence; car ſi on poſoit pour principe que les fers les plus nerveux, les plus forts, qui ont une liaiſon plus intime, ou ceux dont les parties élémentaires ſont combinées en ſi juſte proportion, qu'ils ſouffrent une moindre décompoſition au feu, doivent être les plus propres à être cémentés en bon acier: on verroit bientôt écrouler ce ſyſtême, en jettant les yeux ſur nos tableaux, qui démontrent d'une part que le fer du Languedoc, qui a 200 degrés de force,

a produit un acier inférieur à celui de Champagne ; qui n'en a que 145 ; & d'autre part ce même fer de Champagne a éprouvé au corroiement un déchet de $7\frac{1}{12}$ par $\frac{0}{0}$, tandis que celui du Languedoc n'a perdu que $6\frac{1}{10}$ par $\frac{0}{0}$. Il faut donc recourir à des preuves plus démonſtratives ; & en attendant que des expériences lumineuſes nous les aient fait connoître, nous expoſerons ſimplement nos préſomptions à ce ſujet.

Nous avons déja traité de l'unité du fer dans le volume de nos Mémoires (1), & nous avons fait connoître que la variété & la diſparité que l'on apperçoit dans les différens fers procèdent ou des matières étrangères qui lui ſont unies ou interpoſées, ou d'une combinaiſon inégale de ſes élémens. Or, en partant de ces principes, il paroît vraiſemblable que des fers dont la pâte eſt ferme & ſolide, l'étoffe bien liée, aient par ſurabondance une portion quelconque du principe conſtitutif de l'acier, qui le diſpoſe déja à prendre la nature d'acier. Le fer, dans cette poſition, eſt un être mitoyen entre le fer & l'acier, deſquels il s'éloigne en raiſon du plus ou moins de ce principe ſurabondant. Le fer que l'on nomme communément dur dans les Provinces du Languedoc, Comté de Foix, Dauphiné, Limouſin, eſt de ce genre.

L'on pourroit oppoſer à ce raiſonnement que la pratique dans la cémentation a démontré que les fers qui avoient un grain aciéreux, produiſoient pour l'ordinaire des aciers intraitables & de qualité très - inférieure. Il faut convenir de ce fait, mais il faut diſtinguer deux cauſes de cet accident.

Les fers peuvent avoir une qualité aciéreuſe qui ſe manifeſte de deux manières ; ou la totalité de la pâte

(1) Mémoires de Phyſique ſur l'Art du Fer, chez Delalain l'aîné, rue Saint-Jacques, à Paris, 1775.

l'eſt, ou l'acier eſt cantonné. Si c'eſt toute la pâte qui le ſoit, & qu'on expoſe le fer dans une cémentation avec d'autres fers doux; nerveux ou à grain gris, ce fer ſaiſiſſant plus avidement l'effet de la cémentation, & y reſtant auſſi long-temps expoſé que le fer doux, il y aura néceſſairement ſuperſaturation dans toute la maſſe, d'où il réſulte un acier brûlant au feu, comme un corps réſineux, & ne pouvant ſe ſouder. Si les parties aciéreuſes ne ſont que cantonnées & interpoſées dans une étoffe nerveuſe, le même effet arrivera; mais la modification du fer étant inégale, les parties qui étoient déja acier avant la cémentation, le ſeront après, tandis qu'il pourroit arriver que les parties charnues ne fuſſent pas encore converties en acier.

Ce n'eſt pas aſſez, pour faire de bon acier, que l'on puiſſe ſe procurer du fer dont la pâte ait le plus de propriété à faire des aciers fins, durs & faciles à travailler, enfin, d'une pâte bien homogène, il faut auſſi que l'étoffe des fers que l'on veut cémenter ſoit pleine, continue, exempte de tous les défauts qui forment une ſolution de continuité, parce que la plus grande partie des ouvrages auxquels l'acier eſt deſtiné, exige ces perfections, tant pour la force des pièces, que pour la bonté des tranchans & la beauté du poli.

Les bulles qui ſe forment à la ſurface des barres de fer, lorſqu'elles ont ſubi l'effet de la cémentation, ne ſont point, comme on l'a cru juſqu'alors, l'effet d'un bouillonnement de la ſubſtance du fer, occaſionné par l'*effet des ſels, des ſoufres, de la grande chaleur, & de l'action de la cémentation.* Ces bulles ne ſont aurre choſe que l'effet de l'air groſſier, & ſouvent de l'eau, interpoſés dans l'étoffe du fer, qui étant raréfiés par le feu, cherchent à s'échapper, ſoulèvent les cloiſons des cellules qui les renferment.

Le fer contient d'autant plus d'air, d'eau, quelquefois de corps étrangers iſolés, que ſon étoffe eſt

plus déſunie par des pailles, des travers, des gerçures & des fentes. Plus ces corps ſont intérieurs, plus les bulles ſont fortes & élevées; lorſque l'effort eſt violent, la bulle ſe crève : on y apperçoit à la loupe une légère fente; alors elle ceſſe de s'élever : c'eſt ce qui forme les bulles plates & larges; les petites ſont rarement ouvertes. Lorſque les bulles ont pris de l'évent, leurs ſurfaces intérieures ſe décompoſent, & forment des moines dans la pâte de l'acier qui en procède. Lorſqu'elles n'en ont point pris, elles ſe ſoudent dans le corroiement, ſur-tout ſi leurs couvertures ſont aſſez épaiſſes pour ſouffrir une chaude ſuante.

Les fers les mieux étoffés, dont la pâte eſt pleine & homogène, ſont moins ſujets aux bulles que les autres.

Ceux qui n'ont que l'apparence d'une belle fabrication, c'eſt-à-dire qui ſont bien unis, bien ſués au dehors, mais dont l'affinage primitif n'a pas aſſez lié la pâte, ſont ſujets à une très-grande quantité de bulles; & par le contraire, les fers dont l'étoffe eſt déſunie par des défauts, qui des ſurfaces pénètrent au dedans, ces fers ſont moins ſujets aux ampoules, parce que l'air intérieur ſe dégage par les fentes, les pailles & les travers.

Les fers cémentés ne ſont pas ſeuls ſujets aux ampoules; les tôles & les fers noirs préparés pour l'étamage ſont ſouvent défectueux par les mêmes cauſes. La couleur bleue du fer cémenté, au ſortir du creuſet, eſt une légère décompoſition des ſurfaces du fer. Plus le bleu eſt intenſe, plus on a lieu de ſoupçonner à l'acier de vivacité. Ce défaut s'annonce auſſi par la grande fragilité, par un ſon aigu : le ſon grave annonce des parties ferreuſes. Le bon acier ſe connoît par un ſon ſoutenu, ondulent & timbré.

Nous développerons ces points de Phyſique néceſſaires à connoître, ainſi que le rapport immédiat des

parties conſtitutives de l'acier avec celles des corps ſcintillans, particulièrement avec la ſubſtance vitreuſe naturelle & artificielle.

Ces obſervations préviennent ſur les précautions que l'on doit prendre pour choiſir les fers que l'on veut faire paſſer à l'état d'acier. Dans l'Ouvrage complet que nous nous propoſons de publier ſur l'acier, nous nous étendrons ſur les moyens de procurer ces qualités au fer.

Il réſulte donc des expériences que nous avons faites par ordre du Gouvernement :

Qu'il eſt très-poſſible de faire de très-bons aciers fins par cémentation avec les fers des différentes Provinces du Royaume; qu'il ſuffit de choiſir parmi ceux qui ont le plus de propriété à devenir acier, les fers les mieux fabriqués, & de les traiter ſuivant leur caractère particulier.

Il ſeroit à deſirer qu'il s'élevât pluſieurs Manufactures en ce genre dans le Royaume, particulièrement dans le Languedoc, l'Alſace, la Franche-Comté, le Limouſin & la Champagne, afin de fournir aux arts les aciers dont ils font une très-groſſe conſommation, laquelle forme une branche immenſe de commerce d'importation qui enrichit nos voiſins.

Extrait du Rapport de MM. les Commiſſaires de l'Académie Royale des Sciences, du 14 *août* 1782.

Nous avons été chargés par l'Académie, MM. Macquer, Tillet & Cadet, de lui rendre compte d'un Mémoire de M. Grignon, Chevalier de l'Ordre du Roi, & Correſpondant de l'Académie, contenant les détails, l'analyſe & les réſultats des expériences dont il a été chargé par le Gouvernement, afin de connoître ſi les fers du Royaume étoient propres à être convertis en aciers par la cémentation, & quelles

étoient les Provinces qui produiſoient les fers les plus propres à ſubir cette converſion. L'Auteur nous a paru avoir parfaitement traité ces différens objets importans. Il réſulte de notre rapport que ce Mémoire contient une ſuite d'expériences en grand, & des obſervations qui concourent à étendre nos connoiſſances, non-ſeulement ſur l'art de faire l'acier, mais même ſur les effets de la cémentation du fer, & à exciter l'émulation pour élever des Manufactures d'acier, qui procureroient de grands avantages à l'Etat. Ce travail fait infiniment d'honneur à M. Grignon, & prouve combien il eſt digne de la confiance que lui a accordée le Gouvernement pour les opérations dont il l'a chargé. Ce Mémoire mérite à l'Auteur des éloges, & nous le croyons digne d'être imprimé dans les Recueils des Mémoires des Savans étrangers.

Fait à Paris le 14 août 1782. *Signés*, MACQUER, TILLET, CADET.

Je certifie le préſent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie. A Paris, ce 14 août 1782.

Signé le Marquis DE CONDORCET.

Extrait des Regiſtres de l'Académie des Sciences, du 19 février 1783.

Les Commiſſaires nommés par l'Académie pour examiner un Ouvrage de M. Grignon, intitulé Analyſe du fer, traduit de M. Bergman, avec des remarques, en ayant fait leur rapport à l'Académie, elle a jugé cet ouvrage digne de ſon approbation & d'être imprimé ſous ſon Privilège.

En foi de quoi j'ai ſigné le préſent certificat. A Paris ce 22 février 1783.

Signé le Marqnis DE CONDORCET.

TABLE DES MATIÈRES.

ANALYSE *du fer,* page 1

SECTION Iere. *Des variétés du fer.* Ibid.

SECTION II. *De la recherche des cauſes de la variété du fer.* 9

SECTION III. *De la recherche de la quantité de phlogiſtique réducteur, par la voie humide.* 15

SECTION IV. *Corollaires déduits des expériences précédentes.* 28

SECTION V. *De la recherche de la quantité du phlogiſtique réducteur par la voie ſéche.* 33

SECTION VI. *Corollaires déduits des expériences précédentes par la voie ſéche.* 53

SECTION VII. *De la quantité de la matière de la chaleur contenue dans le fer.* 61

SECTION VIII. *Des matières hétérogènes inhérentes au fer.* 79

SECTION IX. *Des principes immédiats du fer.* 90

SECTION X. *De la chaux du fer.* 109

SECTION XI. *Du magnétiſme.* 118

APPENDICE contenant le réſumé de toutes les expériences de M. Bergman, concentrées dans huit tableaux préſentants les réſultats ſuivant les rapports du pied & de la livre de Paris, avec les obſervations particulières du Traducteur. 125

Rapports du pied & de la livre de Stockholm, avec le pied & la livre de Paris, note S. 17

MÉMOIRES PARTICULIERS DE M. GRIGNON.

PREMIER MÉMOIRE ſur les moyens de perfectionner le travail des ancres de marine. 187

Extrait des regiſtres de l'Académie royale des ſciences ſur le premier Mémoire. 195
SECOND MÉMOIRE *qui préſente pluſieurs moyens de perfectionner les opérations de la métallurgie.* 198
Extrait des regiſtres de l'Académie royale des ſciences ſur le ſecond mémoire. 217
TROISIEME MÉMOIRE *ſur l'action réciproque que le feu & l'eau ont l'une ſur l'autre.* 220
QUATRIEME MÉMOIRE *contenant les détails, analyſes & réſultats des expériences faites en 1780, par ordre du Gouvernement, afin de connoître ſi les fers françois ont la propriété d'être convertis en acier par la voie de la cémentation.* 233
Extrait des regiſtres de l'Académie royale des ſciences ſur le quatrième Mémoire. 283

Fin de la Table.

FAUTES A CORRIGER.

Page 5, *ligne* 5 gro es : *liſez* groſſes.
Page 17, *note* points ou parties : *liſez* parties.
Page 21, *ligne* 9 F : *liſez* fer.
Page 21, *ligne* 22 Norberke : *liſez* Norberk.
Page 23, *note* X il eſt : *liſez* il y a.
Page 24, *ligne* 22 refondu : *liſez* refondue.
Page 36, *ligne dernière* caver : *liſez* laver.
Page 73, *ligne* 12 chaleur : *liſez* fuſion.
Page 8[illegible], *note* $\frac{30}{110}$: *liſez* $\frac{30}{100}$.
Page 84, *ligne* 11 ni aſſurer : *liſez* l'on ne peut aſſurer.
Page 87, *ligne* 12 en eſt : *liſez* eſt.
Page 109, *note* appendix : *liſez* appendice.
Page 119, *ligne* 5 M. Bergman : *liſez* M. Rinman.
Page 126, *ligne* 25 hydrauſtique : *liſez* hydrauſtatique.
Page 159, *ligne* 33 précipita : *liſez* précipite.
Page 181, *ligne* 26 uniformes : *liſez* uniforme.
Page 217, *ligne* 17 caſtine : *liſez* ruſtine.
Page 220, *ligne* 16 & ne : *liſez* ne.
Page 241, *ligne* 20 ceux : *liſez* celui.
Page 245, *ligne* 8 $31\frac{1}{2}$: *liſez* $31\frac{1}{3}$.